

Study and Practice of Module Teaching Methods in Analog Electronic Technology

WANG Shanjin, SONG Yue, Yang Lei, CHEN Pingping

School of Electronic Engineering, Dongguan University of Technology, Dongguan, China

Abstract: Analog electronic technology is an important electronic course, some teaching ideas based on basic amplifiers were put forward in this paper according to the special characteristics of Analog Electronic Circuits, basic amplifying circuit, power amplifying circuit, inverse signal feedback amplifying circuit, integrated amplifying and operation circuit were designed to constitute the master content of courses of analog electronic circuits. It was proved that the method was effective in the teaching practice of excellent course. Teaching methods of interrelated modules were mainly analyzed and investigated in the paper.

Keywords: analog electronic circuits; basic amplifiers; teaching methods; module way

《模拟电子技术》模块教学法研究与实践

王善进, 宋跃, 杨雷, 陈平平

东莞理工学院电子工程学院, 东莞, 中国, 523808

摘要:《模拟电子技术》是一门重要的专业基础课, 本文分析了课程的教学特点, 提出了以基本放大电路为中心的模块法教学思想, 设计基本放大电路模块、功率放大电路模块、负反馈放大电路模块和集成运放电路模块来构成《模拟电子技术》主要的教学内容。在该课程的精品课程教学实践中证明该教学方法是行之有效的。文中重点对相关模块进行了教学方法的分析和探讨。

关键词: 模拟电子线路; 基本放大电路; 教学方法; 模块法

1 引言

《模拟电子技术》是电类专业的一门重要的专业基础课程, 它的应用遍及了当今电子工程、通信工程和自动化控制等众多学科领域。对其地位重要性的认识, 相信从学校到教师和学生无疑是一致的, 在我院, 该课程就是学院的首批精品课程之一。由于课程涉及到较多的基本概念, 内容的理论性较强而且抽象; 它又是一门实践性较强的学科, 具有一定的工程特性。这些特点导致学生对课程的学习感到困难重重, 给教学工作带来了不小的挑战, 从事课程教学的教师们对如何提高课程的教学效果进行了许多有益的探索^[1-8]。本文结合作者多年从事校级精品课程《模拟电子技术》的教学实践, 提出了以基本放大电路模块为主线的教学思想。文章对基本放大电路、功率放大电路及负反馈放大电路等相关模块进行了教学方法的探讨。

2 以基本放大电路为核心的课程构架

以康华光主编的《电子技术基础》(模拟部分)(第四版)为例。课程内容涉及半导体二极管、半导体三极管及基本放大电路、场效应管放大电路、功率放大电路、集成运放电路、负反馈放大电路、信号的运算与

处理电路等, 四百多页的篇幅。面对如此繁杂的内容, 在如今课时缩减的实际情况下, 学生们普遍都有课程难度大和时间紧的感觉。

通过分析课程的内容体系架构, 可以发现基本放大电路模块是构成后续内容的核心, 参见图 1 所示。

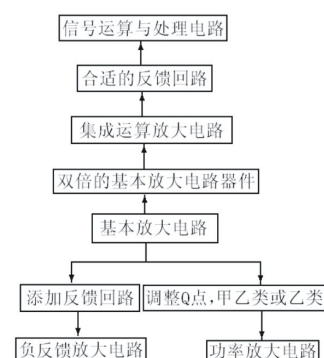


Figure 1. Schematic diagram of the course of analog electronic technology

图 1.《模拟电子技术》课程构架

在基本放大电路的基础上, 调整其直流偏置, 使三极管的流通角由 360 度变为 180 度, 电路即由基本的甲类放大器转为乙类放大器, 由此引入功率放大电路模块; 在基本放大电路的基础上, 通过添加不同的反馈

回路，便可引入反馈放大电路模块的内容；在基本放大电路的基础上，通过添加另一个完全对称的同样的基本放大电路，可引入差分式放大电路模块，它是构成集成运算放大电路的核心。基本放大电路模块、功率放大电路模块、负反馈放大电路模块和集成运放电路模块构成了《模拟电子技术》主要的教学内容。由此可见，基本放大电路模块的教学成败，会直接影响到《模拟电子技术》课程的教学效果，对此应该引起足够的重视。

3 基本放大电路模块的教学

课程的开始阶段，将涉及到半导体材料、PN结、二极管和三极管等相关内容，自然会介绍其中空穴、BJT内部载流子的传输过程以及FET沟道的变化过程等知识。因为内容涉及微观粒子，不太好讲清楚，加上概念较多，又难以想象，所以讲解时宜适当采用一些计算机动画技术来辅助理解，但要尽量简单明了，将抽象的物理过程形象化，做到避繁就简，交待清楚基本的概念即可。这部分的教学要避免学生陷于“微观世界”之中，走不出来，从而迷失主题方向，丧失了信心，最后对课程产生畏难情绪。

在学生对PN结、二极管和三极管有了基本的认识后，就宜切入基本放大电路的学习了。关于基本放大电路的教学，以如图2所示共射极放大电路为例，宜重点讲清楚以下二个方面的内容：如图2所示：

3.1 直流通路

在介绍放大电路的分析时，要明确地指出，由于电路中存在直流、交流量，所以电路的分析需要从直流和交流两方面进行。

对于直流通路，可以围绕以下问题展开：

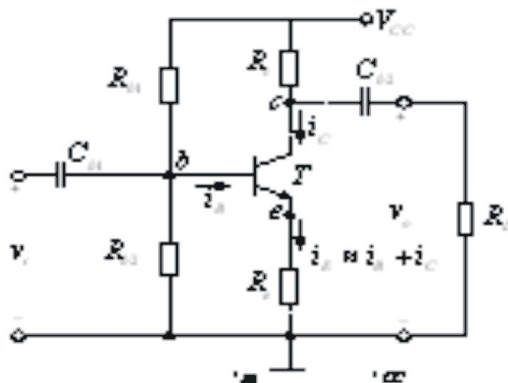


Figure 2. Common-emitter amplifier
图 2. 共射极放大电路

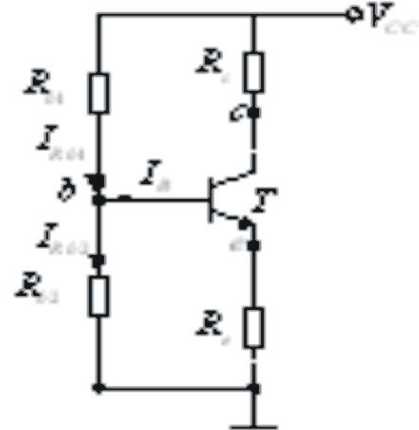


Figure 3. Direct current path
图 3. 直流通路

- 1) 什么是直流通路？
- 2) 如何从图 2 得到图 3？
- 3) 放大器正常工作时为什么发射结要正向偏置，而集电结需要反向偏置？
- 4) 为什么放大电路要设置合适的静态(Q)工作点？截止、放大和饱和三种工作状态，本质上反映了利用三极管搭建放大电路的什么问题？
- 5) 在直流通路中，要解决什么问题？得到哪些数据？它们有什么用？

这些问题可结合发射结和集电结的PN结单向导电性、三极管中载流子跨越这两个PN结的情况来进行简要分析，但这种借助微观粒子的分析宜点到为止，不需过多纠缠，以免学生产生畏难情绪，反而影响对主要问题的关注和理解。然后，在对直流通路分析求解时，要多站在初学者的角度考虑问题，结合三极管输入、输出特性曲线，从 R_{b1} 、 R_{b2} 和 R_c 等对Q点的影响到 I_{Rb1} 、 I_{Rb2} 和 I_B 的大小分析，直至最后 I_B 、 I_C 和 V_{CE} 的求解，都应详尽给出，使学生完全理解。

3.2 交流通路

在完成了直流通路的分析后，那么如何导入和分析放大电路的交流通路已是下一步要解决的问题了。为此，教学工作必须回答如下问题：

- 1) 交流通路是什么？
- 2) 如何从电路图 2 得出交流通路图 4？，再到图 5 小信号等效电路？
- 3) 利用图 5 可以得到放大器的哪些指标？
- 4) 电压（或电流）增益是什么？输入、输出阻抗如何定义？怎样求解？它们对电路设计有何重要意义？
- 5) 三种基本放大电路的交流通路？性能特点对比及应用场合？图 4、图 5 如下所示：

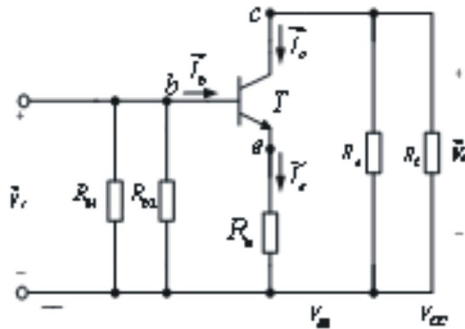


Figure 4. Alternating current path
图 4. 交流通路

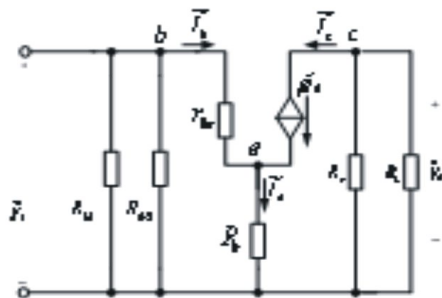


Figure 5 Small-signal equivalent circuit
图 5.小信号等效电路

在这部分内容的教学过程中，首先一定要花大力气解决如何从原始电路中剥离出交流通路这个问题，其中电容对于交流信号的短路效应很好理解，但直流电源的对地短接就需要花一些力气进行解释，这是一些学生容易感到迷惑的地方，同时需要明确告知学生的地方就是，在交流通路中所指的电流、电压均是交流量。当然，对直流、交流量的表示符号也需要作出明确的规定，要引导学生学会从符号识别交、直流量；只要抓住三极管的三个管脚在电路中的位置，然后将三极管的H参数小信号模型替换三极管，从交流通路到小信号等效电路的转变是应该没有什么困难的。下面的问题便是放大电路的三个重要指标的理解和求解了，因为是放大电路，所以电压、电流的放大系数（增益）自然是很好理解的，问题是为什么还要分析输入、输出阻抗？其实，输入、输出阻抗在电路设计中占据着十分重要的地位，因为它涉及到电路单元与前后电路单元的匹配问题，尤其是在高频电路的设计时，阻抗匹配更是头等大事之一。凡从事过射频电路设计的人员都清楚，射频电路设计的核心问题之一就是如何设法使电路实现前后良好匹配。虽然对初学者我们不可能谈得如此深入，但作为教师，我们必须站在这样的高度思考和分析这个问题，告诉学生研究输入阻抗是为了分析放大电路与前面的信号源（或前面电路单元的输出）是否搭配良好，同样通过比较输出阻抗与负载（或后面电路单元的输入）则可以反映电路与负

载是否配合良好。培养学生对输入、输出阻抗的重视和理解，将十分有利于后续《高频电子线路》、《射频电路设计》等课程中选频网络部分接入技术和匹配网络等相关内容的学习，能有效提高学生电路设计总局观念的良好素质。有了对电压（电流）增益、输入阻抗和输出阻抗这些概念的正确理解，至于如何求解，也不是一蹴而就的事情，它需要一定的习题训练，这一步工作也是需要合理跟上的。最后，针对学生容易出错的一些问题，比如求输入、输出阻抗时会把信号源的内阻或负载一并计入，则需要跟学生强调，放大电路的输入阻抗和输出阻抗是反映电路本身自己的特性指标，它与信号源、负载这些外加的东西并没有关系，还譬如对于增益中分贝（dB）的表示、频率响应、耦合电容和旁路电容等概念，初学者也容易犯困惑，教师也需予以关注。

4 从基本放大电路到功率放大电路模块

谈到功率放大电路，必然要谈到三极管的损耗、效率及流通角，以及流通角是如何影响到电路的效率等问题。这里需要引导学生回答如下的问题：

- 1) 流通角是什么？
- 2) 结合功率放大电路对信号放大及效率的要求，通过分析影响三极管损耗的因素，引入研究流通角的必要性？
- 3) 甲类、甲乙类和乙类放大电路的本质区别在哪里？为什么要这样做？

如何提高效率？如何保证信号不失真？从而引入功率放大电路，且有意识地与前面学过的基本放大电路作对比分析，加深对流通角的理解。

4) 缩小流通角且使之小于 180 度，如果这个动作继续下去，输出信号会如何变化？怎么办？对学习有余力的学生，可结合乙类、丙类功放电路图对比、分析进行引导他们深入学习。如图 6、图 7 如示：

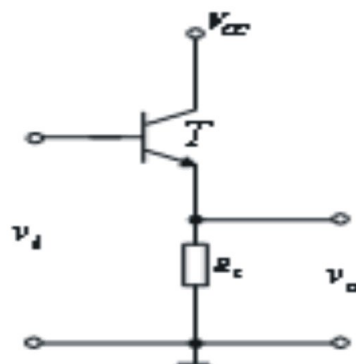


Figure 6. Class B power amplifier
图 6.乙类功放电路

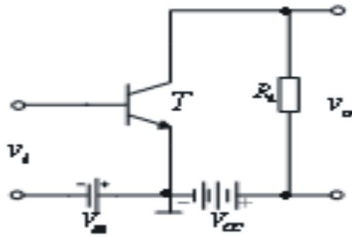


Figure 7. Class C power amplifier
图 7. 丙类功放电路

流通角决定了放大电路的类型,它在三极管放大电路中是一个很重要的概念。理解和掌握了这个概念,不仅有助于深刻理解直流偏置电路的功用,而且对低频电路中乙类(或甲乙类)双电源互补对称功率放大电路,以及后续《高频电子线路》中高频小信号放大器和高频功率放大器(丙类)原理及设计理念的理解都有很大的帮助。

所有这些,就是让学生们明白功率放大电路之核心还是基本放大电路,只是通过调整电路的直流偏置,改变了它的导通时间长短,从而降低损耗,提高了效率,但这样一来却引起了信号的失真,所以就在原来基本放大电路的基础上进行修改和调整,目的是使信号不要失真。形形色色功率放大器的设计工作,本质上都是围绕既提高电路的效率,又保证输出信号的“原滋原味”而展开的。

5 负反馈放大电路模块的教学

负反馈放大电路是《模拟电子技术》的又一个重要组成部分,电路的构架是基本放大电路加上反馈回路。其中的重点内容可归纳为如下几点:

- 1) 什么是反馈?为什么要引入反馈?如何判别正负反馈类型?
- 2) 什么是电压反馈?什么是电流反馈?什么是串联反馈?什么是并联反馈?如何确定?
- 3) 负反馈对电路性能的影响有哪些?
- 4) 深度负反馈放大电路的分析计算。

负反馈放大电路是《模拟电子技术》课程教学难点之一。学生方面的问题主要表现在:

①对反馈类型的判断把握不准;

②负反馈对电路性能影响的分析,特别是对输入、输出阻抗的影响;

③对具体电路的分析上,不知如何下手。

为此,可以在课堂教学中强化对于负反馈放大电路的分析,引导学生对负反馈放大电路的认识并加深同学们对于此种电路图的理解。举一个例子来说,如图 8 所示:

可要求学生分析 R_f 所引入的反馈类型及对输入、

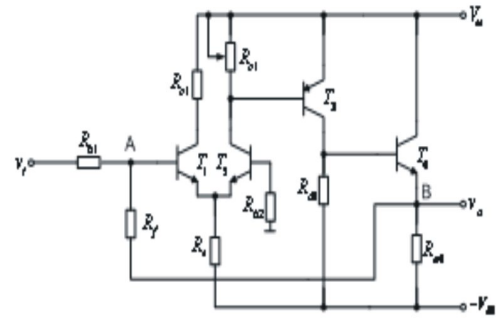


Figure 8. Feedback amplifier
图 8. 负反馈放大电路

输出阻抗的影响,然后根据学生的具体回答情况,有针对性地进行强化训练。在具体分析电路时,可有意识地引导学生抓住电路的关键部分,通过观察输入信号与反馈信号在 A 点的交汇情况,判断出串联还是并联反馈;再通过观察反馈支路与输出信号(负载)在联系点 B 的情况,判断出电压还是电流反馈类型,然后进一步讨论反馈对输入、输出阻抗的影响等。

教学实践表明,在课堂上若能结合教师在科研工作中具体的相关应用电路予以实例讲解,则将更有说服力,也非常有利于激发学生的学习兴趣。对基本放大电路知识掌握较好的学生,在学习反馈放大电路时所遇到的困难相对小得多,在对反馈这个概念理解后,他们可以顺利地掌握负反馈放大电路的基本知识,且能对相关实际电路进行分析处理。而那些基本输入、输出阻抗等概念都迷糊不清的学生,此时表现为较为严重的挫败感。

6 结语

至于集成运放及信号的运算与处理模块方面,重要的基础之一是差分式放大电路,而构成差分放大电路的核心还是基本放大电路,只不过该电路是采用成倍的元件换取抑制零点漂移的能力。有了课程前面部分打下的坚实基础,结合集成运算放大器在深度负反馈条件下“虚断”、“虚短”概念的灵活运用,这部分应该不会构成大的问题。

本文提出了《模拟电子技术》课堂教学中以基本放大电路模块为核心的教学思路。然而鼓励学生运用所学理论知识进行实际操作、解决实际问题《模拟电子技术》课程教学的重要组成部分,研究如何开展实践教学,通过理论联系实际提高学生动手能力是另一个非常有意义的课题,限于篇幅这里就不展开了。事实上,我院学生利用本校省级电子电工教学示范中心实验平台和开放实验室,结合课程设计、“挑战杯”大学生电子设计竞赛等各种实践活动,理论与实践紧密结合,对提高教学效果已起

到了巨大的促进作用。

References (参考文献)

- [1] Qu Jian. Think and Study of Teaching on The Course of Analog Electronic Circuit. Journal of UESTC (social science s edition)[J]. 2005(7):90-92.
曲健.对《模拟电路》课程教学的思考和探索.电子科技大学学报(社科版)[J]. 2005(7):90-92.
- [2] Li Chaohai, Wu Yuanming. The Survey and Countermeasure of Teaching Effect of Analog Circuit. Journal of Higher Education in Science & Technology[J]. 2009(1):126-128
李朝海, 吴援明.“模拟电路”教学效果的调查分析及其对策研究.理工高教研究[J],2009(1):126-128..
- [3] Liu Xiaoliang, Ma Lianghua. A Note on Teaching Simulated Circuit. Journal of Wuhan Engineering Institute[J]. 2009(1): 72-77.
刘晓亮,马良花.《模拟电路》教学方法刍议.武汉工程职业技术学院学报[J].2009(1):72-77.
- [4] Cui Xiangxia. Exploration and Practice in Experimental Teaching Reform of Analog Circuits. Science & Technology-Information[J]. 2008(20):542-544.
崔祥霞. 模拟电路实验教学改革的探索与实践. 科技信息 [J].2008(20):542-544.
- [5] GUO Rongxing. The Application of Comparison—induction Device in Teaching Analogous Electronic Technology. Journal of Science of Teachers' college and University[J]. 2008(4):102-104
郭荣幸. 归纳比较法在《模拟电子技术》教学中的应用. 高师理科学刊[J].2008(4):102-104.
- [6] Xiao Yongjun, Zeng Qingdong, Lu Jinjun. PSpice and Its Application in Teaching of Analogy Circuits. Journal of Xiaogan, University[J].,2008(3):123-125
肖永军,曾庆栋,卢金. PSpice 仿真软件在模拟电路教学中的应用. 孝感学院学报[J].2008(3):123-125..
- [7] Chen Guilan ,Yu Hongjuan, Liao Renxiu. Teaching Discussion of Curriculum Integration with Analog Circuits and High-frequency Circuits. China Science and Technology Information[J].,2008(5):211-212.
陈桂兰,余红娟,廖任秀. 模拟电路与高频电路课程整合教学探讨. 中国科技信息[J].2008(5):211-212.
- [8] Wu Yan,Wang Hongjing. Elementary Discussion on the Application of CAI in Teaching of Analog Circuits. Journal of Shenyang Institute of Engineering(Social Sciences)[J]. 2006(2): 210-212 .
武艳,王红京. 浅谈 CAI 在《模 拟电路》教学中的应用. 沈阳工程学院学报(社会科学版)[J].2006(2):210-212.