

Discussion of the Teaching Methods of Feedback Judgment

JI Kefeng, LIU Anzhi, LIU Xishu

School of Electronic Science and Engineering, NUDT, Changsha, China

Abstract: Feedback is one of the emphases and difficulties in the course of the Basis of Analog Circuits, in accordance, feedback judgment is the keystone and particularly intractable in the teaching of feedback. Based on the authors' long term teaching practices, aiming at some mistakable problems in the study of feedback judgment, the corresponding teaching methods are discussed in this paper. The practices have shown the proposed methods can improve the teaching effect of feedback judgment effectively, and are very helpful for the students to comprehend feedback judgment effectively in a short time.

Keywords: the basis of electronics circuits; feedback; feedback judgment; teaching method

“反馈判断”教学方法的探讨

计科峰, 刘安芝, 刘希顺

国防科技大学电子科学与工程学院, 长沙, 中国, 410073

摘要: 反馈是模拟电子技术基础课程的重点, 也是难点, 反馈判断又是反馈教学中的重点与难点, 本文结合作者多年的教学实践, 针对学生在反馈判断学习过程中容易出现的一些问题, 探讨了相应的教学方法。实践表明, 这些方法可有效提高反馈判断的教学效果, 使学生在较短的时间内, 较好地掌握反馈的判断方法。

关键词: 模拟电子技术基础; 反馈; 反馈判断; 教学方法

1 引言

反馈是模拟电子技术基础课程的重点, 也是难点。反馈部分的主要知识点包括反馈的基本概念、反馈的判断、负反馈对放大电路性能的影响和反馈的正确引入、深度负反馈条件下放大电路的分析计算以及负反馈放大电路的自激振荡及消除等。其中反馈判断在反馈部分教学内容中, 起着承上启下的重要作用, 一方面反馈判断建立在对反馈基本概念正确理解的基础上, 另一方面, 反馈判断又是后续负反馈对放大电路性能的影响和反馈的正确引入、深度负反馈条件下放大电路的分析计算以及负反馈放大电路的自激振荡及消除等教学内容的基础。因此, 反馈的判断一直是反馈教学中的一个重点, 也是整个模拟电子技术基础课程教学中的一个重点。

反馈判断必须建立在对开环、闭环, 本级反馈与级间反馈, 正反馈、负反馈, 直流反馈、交流反馈, 电压反馈、电流反馈等反馈基本概念正确理解的基础上。反馈判断具体包括放大电路有无反馈的判断,

直流反馈、交流反馈的判断, 串联反馈、并联反馈的判断, 电压反馈、电流反馈的判断。反馈判断的

具体方法又包括瞬时极性法、输出短路法以及输出开路法等。另外, 反馈判断针对的放大电路既可能是分立元件放大电路也可能是集成运放电路。所有这些都决定了反馈判断又是反馈教学中的一个难点, 也是整个模拟电子技术基础课程教学中的一个难点。

总之, 反馈判断是反馈乃至整个模拟电子技术基础课程教学的重点与难点, 对反馈判断理解和掌握的好坏, 直接影响着反馈甚至整个模拟电子技术基础课程的教学效果。因此, 关于反馈判断教学方法的探讨一直是模拟电子技术基础课程教学研究中的一个重点和热点课题。本文结合作者多年的教学实践, 针对学生在反馈判断学习过程中容易出现的一些问题, 探讨了相应的教学方法。实践表明, 这些方法可有效提高反馈判断的教学效果, 使学生在较短的时间内, 较好地掌握反馈的判断方法。

2 有无反馈的判断

判断一个放大电路是否引入了反馈的基本原则是: 观察电路中是否存在将输出回路和输入回路相连

接的通路，即反馈通路，并由此影响了放大电路的净输入，若存在，则表明电路中引入了反馈；否则便没有反馈。应该说，有无反馈的判断原则是非常明确的，也是非常容易理解的。但是在多年教学实践中，作者发现有相当一部分同学会忽视有无反馈判断原则里“通路”两个字的意义，也即没有注意到该原则的后半句“并由此影响了放大电路的净输入”，因此，只要看到放大电路的输出回路和输入回路“连接在了一起”，就认为电路中引入了反馈。事实上，输出回路和输入回路虽然“连接在了一起”，但是该“连接”并不意味着输出信号的一部分或全部一定会经过该“连接”作用到输入信号，并由此影响放大电路的净输入，因为该“连接”并不一定是一个“通路”。比如对图 1(a)所示电路，根据有无反馈的判断原则，基本上所有学生都可以正确判断出其中引入了反馈，但是当去掉电阻 R 变成如图 1(b)所示电路时，有相当一部分同学还会认为其中引入了反馈。但事实上，图 1(b)中虽然电阻 R_L 跨接在集成运放的输出端与同相输入端之间，但是由于同相输入端接地，所以 R_L 只不过是集成运放的负载，而不会使 u_o 作用于输入回路，因此电路中没有引入反馈。为了使学生对有无反馈的判断原则理解的更全面、深刻，通过以上对图 1 所示例子的分析。

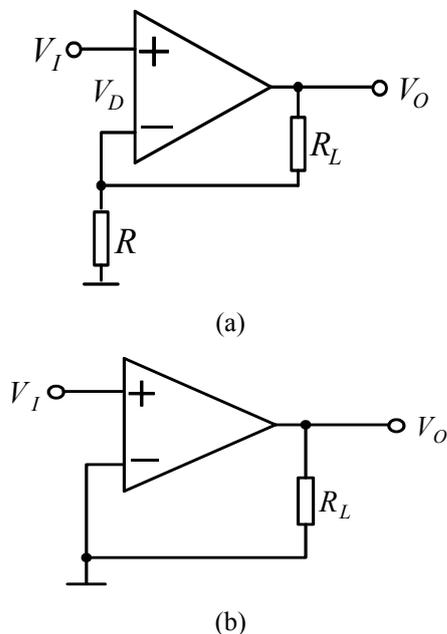


Figure 1. Judgment of the appearance of feedback

图 1. 有无反馈的判别

3 直流反馈与交流反馈的判断

直流反馈与交流反馈的判别是根据反馈到输入端

的信号是交流还是直流，或者是同时存在，从而判别反馈是交流反馈还是直流反馈或者是交直流反馈。换句话说，如果反馈只存在于放大电路的直流通路中，那么该反馈就是直流反馈，相应地，如果反馈只存在于交流通路中，那么该反馈就是交流反馈，进一步如果放大电路的交流通路和直流通路是相同的，那么该反馈就是交直流反馈。因此，判读直流反馈与交流反馈的关键就是要得到放大电路的直流通路和交流通路，而直流通路和交流通路的主要区别就体现在电容、电感等电抗性元件对直流信号和交流信号的不同作用上，而这正是之前“基本放大电路”部分的基本内容。因此，关于直流反馈与交流反馈的判断，主要是提醒学生注意放大电路中是否有电容、电感等电抗性元件，只要注意到这点，学生基本上都可以正确地判断一个反馈到底是直流反馈还是交流反馈。因此，这里不再举例赘述。

4 串联反馈与并联反馈的判断

一般教学过程中，都是在讲述完有无反馈、直流反馈与交流反馈的判别之后，紧接着讲述反馈极性即正反馈与负反馈的判别，作者在多年教学实践中发现，将串联反馈与并联反馈的判断提前到反馈极性的判断之前讲述，更有利于学生理解和掌握，特别是理解和掌握反馈极性的判别方法。后面，将在反馈极性判断部分，具体分析之。

串联反馈与并联反馈可根据反馈信号与输入信号在放大电路输入端连接方式的不同来判别。具体地，若反馈信号与输入信号在输入回路中串联，即以电压方式叠加，则为串联反馈；反之，若反馈信号与输入信号在输入回路中并联，即以电流方式叠加，则为并联反馈。在此基础上，启发学生，对于并联反馈，反馈信号与输入信号在输入回路中“以电流方式叠加”，也即它们作用在同一个点上，相应地，串联反馈的反馈信号与输入信号是作用在不同的两个点上。这样即可通过观察放大电路的反馈信号与输入信号的连接方式，更直观地判断一个反馈到底是串联反馈还是并联反馈，具体地：若反馈信号与输入信号作用在同一点上，则是并联反馈，否则，如反馈信号与输入信号作用在不同的两点上，则是串联反馈。显然，对运放电路来说，若反馈信号与输入信号同时作用在运放的同相输入端或反相输入端，则为并联反馈；否则，若一个作用在同相输入端，另一个作用在反相输入端，则为串联反馈。这时，进一步启发学生对三极管放大电路来说，又有什么样的规律呢？联系之前“基本放大

电路”部分的内容，三极管的输入方式有两种可能，从基极输入、从发射极输入，相应的对三极管放大电路来说，若反馈信号与输入信号同时加在三极管的基极或发射极，则为并联反馈；否则，若反馈信号与输入信号一个加在基极，另一个加在发射极则为串联反馈。基于以上分析和讲述，可使学生很容易地掌握串联反馈与并联反馈的判断方法。同样这里不再举例赘述。

5 正反馈与负反馈的判断

正反馈与负反馈的判断又称为反馈极性的判断。“瞬时极性法”是判断电路中反馈极性的基本方法，其具体作法是：假定电路输入信号在某一时刻对地的极性，并以此为依据，逐级判断电路中各相关点电流的流向和电位的极性，从而得到输出信号的极性；再根据输出信号的极性判断出反馈信号的极性；若反馈信号使基本放大电路的净输入信号增大，则说明引入了正反馈；若反馈信号使基本放大电路的净输入信号减小，则说明引入了负反馈。分析“瞬时极性法”，可看到反馈极性的判断最终归结为确定反馈信号与输入信号的作用结果，即到底使净输入信号增大还是减小，具体地，若增大则为正反馈，若减小则为负反馈。因此，在反馈极性判断之前，若能明确地确定出输入信号、反馈信号、净输入信号的类型（电压或是电流），也即判断出反馈到底是串联反馈还是并联反馈，显然将有助于反馈极性的判断，这正是作者在教学实践中，将串联反馈与并联反馈地判断提至反馈极性判断之前的基本出发点。下面结合图 2 的例子具体阐述之。

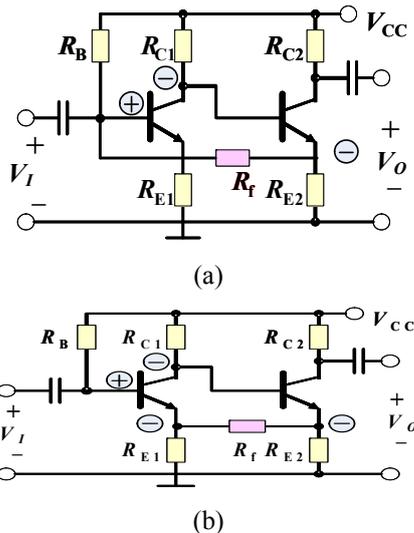


Figure 2. The judgment of positive and negative feedback

图 2. 正反馈与负反馈的判断

为了判断图 2(a)、图 2(b)的反馈极性，首先判断

出其到底是串联反馈还是并联反馈，根据串联反馈与并联反馈的判断方法，易知图 2(a)、图 2(b)分别为并联反馈和串联反馈，也即图 2(a)“以电流方式”叠加， $i_d = i_i - i_f$ ，这里 i_d 、 i_i 、 i_f 分别为净输入电流、输入电流以及反馈电流，而图 2(b)“以电压方式”叠加， $u_d = u_i - u_f$ ，这里 u_d 、 u_i 、 u_f 分别表示净输入电压、输入电压、以及反馈电压。对图 2(a)，假定输入电流 i_i 的极性为正，则按瞬时极性法，电路中各相关点电位的瞬时极性分别如图 2(a)所示，由此可进一步确定出反馈电流的瞬时极性 i_f 也为正，也即反馈电流 i_f 会削弱净输入电流 i_d ，使 $i_d < i_i$ ，据此，可判断图 2(a)为负反馈。类似的，对图 2(b)，假定输入电压 u_i 的极性为正，则按瞬时极性法，电路中各相关点电位的瞬时极性分别如图 2(b)所示，由此可进一步确定出反馈电压的瞬时极性 u_f 为负，也即反馈电压 u_f 会加强净输入电压 u_d ，使 $u_d > u_i$ ，据此，可判断图 2(b)为正反馈。由图 2 的例子可见，在反馈极性的判断中引入反馈是串联反馈或并联反馈的信息，可有效简化反馈极性的判断过程。

在图 2 例子的基础上，可进一步启发学生，在确定了反馈是串联反馈或并联反馈后，反馈的正负极性可这样判断：对串联反馈，输入量与反馈量作用在不同的两点上，若输入量与反馈量的瞬时极性相同为负反馈，瞬时极性相反为正反馈；对并联反馈，输入量与反馈量作用在同一点上，若反馈元件两端瞬时极性相反为负反馈，瞬时极性相同为正反馈。显然，这些准则可进一步简化反馈极性的判别。

另外，实际中，在利用瞬时极性法判断反馈极性时，一部分同学不能正确的确定相关点的瞬时极性，这主要是由于对之前“基本放大电路”部分内容印象不深导致。因此，在教学中，可引导学生回顾之前基本放大电路的有关特性：基本共射放大电路，输出与输入是反相的，而基本共集和共集，输出与输入均是同相的。还有一点需要说明的是，在这里反馈极性判断时，假定放大电路工作在中频区，因此忽略了电路中电容、电感等电抗元件的影响。实践证明，以上分析和讲述，可有效促进学生对反馈极性判断方法的理解与掌握。

6 电压反馈与电流反馈的判断

电压反馈和电流反馈判断的基本准则是“输出短路法”，即把输出端交流负载短路，也即令 $u_o = 0$ ，若反馈信号消失了，则是电压反馈，否则是电流反馈。比如图 2(a)、图 2(b)中，若将输出端（末级的集电极与地）交流短路，这时，可看到反馈支路 R_f 仍然有反

馈作用，因此均为电流反馈。在“输出短路法”的基础上，进一步启发学生，提出“输出开路法”，即把输出端交流负载开路，也即令 $i_o = 0$ ，这时，若反馈信号消失了，则是电流反馈，否则是电压反馈。

另外，启发学生，和串联反馈与并联反馈的判断方法类似，电压反馈和电流反馈的判断，也可通过观察反馈电路与输出信号的连接方式直观地判断，即若反馈电路与输出端直接相连，则是电压反馈，否则，则是电流反馈。显然，这种判断方法更直观，更容易掌握。

在以上有无反馈、直流反馈与交流反馈、串联反馈与并联反馈、正反馈与负反馈、电压反馈与电流反馈的判断方法分别讲述的基础上，通过对其综合运用即可实现放大电路反馈的判断。另外，还可在教学过程中，结合负反馈对放大电路性能的影响和反馈的正确引入、深度负反馈条件下放大电路的分析计算以及负反馈放大电路的自激振荡及消除等反馈部分后续知识点的讲述，进一步加深、强化学生对反馈判断方法的理解与掌握。

7 结束语

反馈是模拟电子技术基础课程的重点，也是难点，反馈判断又是反馈教学中的重点与难点，本文结合作者多年的教学实践，针对学生在反馈判断学习过程中容易出现的一些问题，探讨了相应的教学方法。实践表明，这些方法可有效提高反馈判断的教学效果，使学生在较短的时间内，较好地掌握反馈的判断方法。

References (参考文献)

[1] Pan Jianjun, Chi Hai, Analysis of the difficult problems in feed

back amplifier circuits [J], Journal of professional institute of Jinan, 2007, 62(4):58-60.

潘建军, 池海, 反馈放大电路难点分析[J], 济南职业学院学报, 2007, 62(4): 58-60.

[2] Chen Junying, How to judge the feedback in Bipolar Junction Transistor amplifier circuits [J], Digest of science and technology (the first ten days of a month magazine), 2007, 6: 187-188.

陈军英, 如何快速准确判断晶体管放大电路中的反馈[J], 科技文汇(上旬刊), 2007.6, 187-188.

[3] Ai Yongle, Li Duan, Research on the judgment of feedback and the perform simulation of negative feedback [J], Journal of Beijing electronic science and technology institute, 2008.6,16(3):23-25.

艾永乐, 李端, 反馈判断及负反馈性能仿真探讨[J], 北京电子科技学院学报, 2008.6, 16(3): 23-25.

[4] Gao Jixiang, Analog electronics circuits (The Second Edition) [M], Beijing: Publishing House of electronics Industry, 2007

高吉祥主编, 《模拟电子技术》(第2版)[M], 北京: 电子工业出版社, 2007.

[5] Tong Shibai, Hua Chengying, The Basis of Analog Electronics Circuits [M] (The Third Edition), Beijing: Higher Education Press, 2001.

童诗白, 华成英著, 《模拟电子技术基础》[M](第3版), 北京: 高等教育出版社, 2001.

[6] Kang Huaguang, The Basis of Electronics Circuits (Partition of Analog Electronics Circuits) [M] (The Third Edition), Beijing: Higher Education Press, 2004.

康华光著, 《电子技术基础(模拟部分)》[M](第3版), 北京: 高等教育出版社, 2004.

[7] Hua Chengying, Handbook of the Basis of Analog Electronics Circuits: Difficulties Discussions, Homework Solutions and Examination Tutorships [M], Beijing: Higher Education Press, 2005.

华成英主编, 《帮你学模拟电子技术基础: 释疑、解题、考试》[M], 北京: 高等教育出版社, 2005.

[8] Luo Guie, The Basis of Electronics Circuits (For the Students of Major in Electronics) [M], Changsha: Middle South University Press, 2005.

罗桂娥主编, 《模拟电子基础基础(电类)》[M], 长沙: 中南大学出版社, 2005.

[9] Gao Jixiang, Learning Tutorships and Homework Solutions of Analog Electronics Technology [M], Beijing: Publishing House of electronics Industry, 2006.

高吉祥主编, 《模拟电子技术学习辅导与习题详解》[M], 北京: 电子工业出版社, 2006.