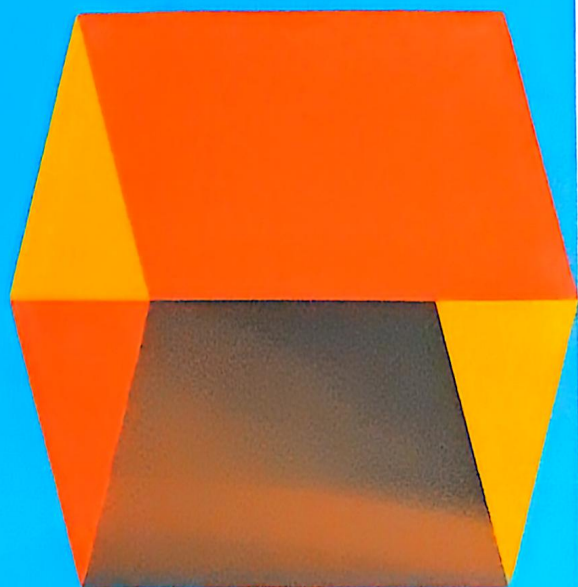




电工电子技术

(第3版)

刘蕴陶 主编

4-4 三相异步电动机的铭牌数据	143	5-2 接触器及其控制电路	163
4-5 三相异步电动机的启动、反转和制动	146	5-3 时间继电器和延时控制 ...	170
4-6 三相异步电动机的调速 ...	149	5-4 行程开关与行程控制	174
4-7 单相异步电动机	151	5-5 三相异步电动机的保护 ...	176
4-8 交流伺服电动机	154	5-6 阅读继电-接触器控制电路图的方法	179
4-9 步进电动机	156	5-7 可编程控制器的组成和工作原理	182
习题四	159	5-8 PLC 的指令系统和程序设计基础	186
第五章 异步电动机的控制	161	习题五	193
5-1 手动电器	161		

第三部分 电子技术

第六章 常用半导体器件	198	8-3 放大电路中的负反馈	262
6-1 PN 结的单向导电特性 ...	198	8-4 集成运放在信号运算方面的应用	266
6-2 半导体二极管	201	8-5 电压比较器	276
6-3 稳压二极管	207	8-6 RC 桥式正弦波振荡器	281
6-4 双极型晶体管	210	习题八	284
6-5 绝缘栅场效应管	218	第九章 直流稳压电源	288
习题六	222	9-1 直流电源的组成	288
第七章 放大电路基础	225	9-2 单相桥式整流电路	289
7-1 共射极单管放大电路	225	9-3 滤波电路	292
7-2 分压式偏置放大电路	236	9-4 三端集成稳压器	294
7-3 共集电极放大电路	238	习题九	296
7-4 多级放大电路	242	第十章 组合逻辑电路	298
7-5 功率放大电路	244	10-1 数字信号与数字电路	298
7-6 场效应管放大电路	249	10-2 二进制计数制	300
习题七	251	10-3 基本逻辑关系和基本逻辑门电路	302
第八章 集成运算放大器的应用	253	10-4 TTL 集成门电路	310
8-1 集成运放的输入级——差分放大电路	253	10-5 CMOS 集成门电路简介	317
8-2 集成运放的性能指标和理想运算放大器	258		

8 3 放大电路中的负反馈

集成运算放大器的线性工作区非常狭窄,只要同相输入端和反相输入端的电位稍有差异,输入信号 $u_i = (u_+ - u_-)$ 稍稍偏离零值,输出电压 u_o 就立即达到饱和值 $\pm U_{o(sat)}$, 进入非线性区。这样,如何确保集成运算放大器能够在线性区稳定工作,就成为必须解决的问题。解决问题的方法是引入负反馈电路,减小电路的放大倍数。而且使用不同的电路元件(电阻、电容、晶体管等)组成负反馈电路,运算放大器能够完成不同的数学运算功能。

一、反馈的基本概念

反馈作为一种控制手段,早已在电子技术、自动控制、管理系统及生物工程等众多技术领域得到了广泛应用。在电子技术中,反馈放大器占有重要的位置。甚至可以说,几乎所有的实用电子电路都包含有不同类型的反馈。

本节仅结合集成运放的线性应用,简要介绍负反馈的基本概念。

其实,反馈这个名词术语对于读者已不陌生。上一章讨论的放大电路稳定静态工作点的原理就是在电路中引入了负反馈,共集电极放大电路(射极跟随器)更是一种典型的负反馈放大器。

图 8-3-1 所示运放电路中,运放的反相输入端经过电阻 R_1 接地,输入信号 u_i 自同相输入端加入,是单端输入方式。 u_i 经运放放大后,从输出端输出放大信号 u_o 。在这个电路中,只存在信号自输入端向输出端的单方向传输——正向传输,未加入反馈,称为开环电路(开环系统)。

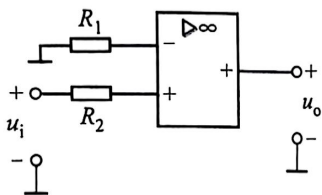


图 8-3-1 未加反馈的运算放大电路

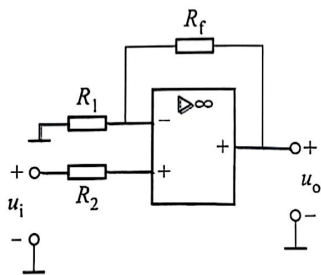


图 8-3-2 加反馈的运算放大电路

所谓反馈就是把放大电路输出信号(电压信号或电流信号)的一部分或全部,通过某种电路(反馈电路)反送回输入端,即为反馈。由输出端送回输入端的信号称为反馈信号。由于输出信号和反馈信号都可以是电压信号,也可以是电流信号,所以输出信号用 x_o 表示,反馈信号用 x_f 表示,定义 $F=x_f/x_o$ 为反馈系数,表示引入反馈的强弱或深度。 F 值越大,反馈越强,或者说反馈的深度越深。将图 8-3-2 所示运放电路与图 8-3-1 比较,从输出端经电阻 R_f 引回反相输入端,形成 R_f-R_1 反馈电路,把输出端与输入端连接起来。电阻 R_f 的端电压即为输出电压的一部分,加入了运放的反相输入端。这样,图 8-3-2 就形成了一个加入反馈的运算放大电路。在反馈放大电路中,既存在信号的正向传输,又存在输出端向输入端的信号反向传输,从而构成了一个信号传输的闭合环路,称为**闭环电路**(闭环系统)。

反馈信号在输入端与外加输入信号叠加,形成了放大电路的**净输入信号**。按照反馈信号极性的不同,反馈分成两种类型:正反馈和负反馈。如果反馈信号与外加输入信号叠加求和后,使净输入信号增强,从而使放大电路的放大倍数增大,称为**正反馈**。反之,若反馈信号削弱了外加输入信号,使净输入信号减小,从而使放大电路的放大倍数减小,就称为**负反馈**。

二、反馈极性的判别——瞬时极性法

正反馈和负反馈在电子电路中所起的作用完全不同,在放大电路中,广泛应用的是负反馈,其作用是能够显著提升电路的性能,如加强电路工作的稳定性、减小波形失真、提高电路的抗干扰能力等。当然,付出的代价是放大倍数降低了。

通常可采用**瞬时极性法**判别反馈极性的正、负。其要点是首先假定某一瞬间,放大电路输入信号的极性是正(正半周或输入信号增大)或者负(负半周或输入信号减小),然后依信号的正向传输方向逐级判断放大电路各点瞬时极性的正、负,确定输出信号的瞬时极性。最后判断通过反馈电路引回输入端的反馈信号的瞬时极性,比较反馈信号是加强还是削弱外加输入端信号,从而确定反馈极性是正反馈还是负反馈。

以图 8-3-2 所示反馈电路为例说明,并将该电路重画于图 8-3-3 中。输入信号 u_i 加入运放的同相输入端,现假设 u_i 增加,用 $\oplus$ 表示(若瞬时极性为负,则用 $\ominus$ 表示),根据同相输入端的性质,输出信号 u_o 必定增加,极性为正。 u_o 经过电阻 R_f 和 R_1 组成的反馈电路

在 R_1 端得到分压 $u_f = \frac{R_1}{R_1 + R_f} \cdot u_o$ (注意:反相输入端 $i_- \approx$

0), u_f 就是送回运放反相输入端的反馈电压,且 u_f 增加,极性为正。运放的净输入电压(同相输入端与反相输入端之间的电压)用 u_d 表示。

$$u_d = u_+ - u_- = u_i - u_f$$

现输入信号电压 u_+ 不变, u_f 增加,按照上式叠加的结果,使运放的净输入电压 u_d 减小,反馈极性是负反馈。

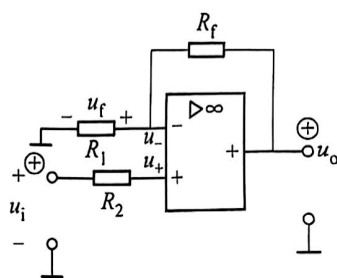


图 8-3-3 瞬时极性法

三、负反馈的四种组态

根据对放大电路改善性能要求的不同,有四种不同组态或称四种不同类型的负反馈供选用。

(一) 电压反馈与电流反馈

按照反馈电路在输出端对输出信号采样的不同,分为电压反馈与电流反馈。

反馈信号与输出电压成正比的是电压反馈;反馈信号与输出电流成正比的是**电流反馈**。

图 8-3-3 所示负反馈放大电路的反馈信号是电阻 R_1 的端电压 u_f ,且前面已推导得出 $u_f \propto u_o$,即与输出电压成正比,是电压负反馈。

在图 8-3-4 所示电路中,注意到负载电阻是 R_L ,其端电压是输出电压 u_o 。而电阻 R 构成反馈电路,流过电阻

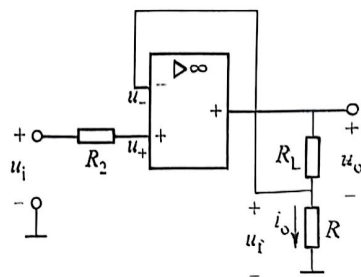


图 8-3-4 电流串联负反馈

R 的电流是运放的输出电流 i_o , 反馈信号 u_f 即为 R 的端电压。用瞬时极性法不难判定引入的是负反馈, 且

$$u_f = i_o \cdot R$$

反馈信号正比于输出电流 i_o , 是电流负反馈。

可以用一个简便的方法判别是电压负反馈还是电流负反馈。就是把负载电阻 R_L 短路, 使 $u_o = 0$, 若反馈信号消失, 则为电压负反馈。若反馈信号依然存在, 就是电流负反馈。以图 8-3-4 所示电路为例, 将负载电阻 R_L 短路后, 虽然 $u_o = 0$, 但输出电流 i_o 仍然存在, 反馈信号 u_f 仍然存在, 所以是电流负反馈。

电压负反馈和电流负反馈在放大电路中所起的作用不同。电压负反馈能够稳定输出电压, 使放大电路的输出电阻减小。电流负反馈能够稳定输出电流, 使放大电路的输出电阻增大。

(二) 串联反馈与并联反馈

从放大电路的输入端看, 按照反馈电路在输入端连接方式的不同, 使反馈信号与输入信号叠加求和方式的不同, 可将反馈分为串联反馈与并联反馈。

在图 8-3-3 所示运放电路的输入回路中, 反馈信号是电阻 R_f 的端电压 u_f , 与输入信号形成串联连接方式(接地点是相连的)。从信号叠加求和方式看, 是电压的叠加求和, 形成净输入电压 $u_d = u_+ - u_- = u_i - u_f$ 。这种反馈方式是串联反馈。同样可以判别图 8-3-4 所示运放电路的反馈是串联反馈。

图 8-3-5 所示电路中, 运放的同相输入端接地, 输入信号 u_i 经电阻 R_1 加入反相输入端, 也是单端输入方式。电阻 R_f 跨接在输出端与反相输入端之间构成反馈支路, 并在反相输入端处对输入信号电路形成一个并联分流支路。这时, 输入信号及反馈信号都以电流的形式出现, 并以电流的方式叠加求和, 形成净输入电流 $i_d = i_i - i_f$ 。这种反馈方式是并联反馈。

用瞬时极性法可以判别图 8-3-5 所示运放电路的反馈极性是负反馈。假设某瞬时输入电压 u_i 增加, 输入电流 i_i 和净输入电流 i_d 的实际方向即如图中所示, 且 i_i 和 i_d 的数值增加。由于是反相输入, 所以输出端电位降低(接地点电位为零), 即电阻 R_f 右端的电位降低, 使电流 i_f 加大(i_f 的实际方向与图中所示一致)。据公式净输入电流 $i_d = i_i - i_f$, 现 i_f 加大, 削弱了净输入电流 i_d , 会使其减小, 所以是负反馈。

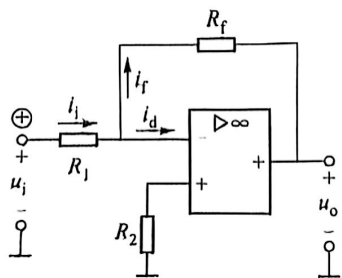


图 8-3-5 电压并联负反馈

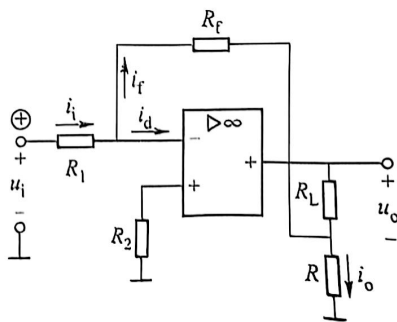


图 8-3-6 电流并联负反馈

串联负反馈与并联负反馈在放大电路中所起的作用不同。串联负反馈可以增加放大电路的输入电阻,并联负反馈则减小放大电路的输入电阻。

总结以上,负反馈放大电路共有四种组态:

电压串联负反馈(例如图 8-3-3 所示电路)

电流串联负反馈(例如图 8-3-4 所示电路)

电压并联负反馈(例如图 8-3-5 所示电路)

电流并联负反馈(例如图 8-3-6 所示电路)

四、负反馈对放大电路性能的影响

总结以上,负反馈降低了放大电路的放大倍数,却多方面改善了放大电路的性能。

(1) 负反馈提高了放大倍数的稳定性。

受环境温度变化、电源电压波动等因素的影响,在输入信号不变的条件下,使输出信号电压或输出信号电流发生变化,改变了放大电路的放大倍数。而引入电压负反馈,能稳定输出信号电压,引入电流负反馈,能稳定输出信号电流,从而提高了放大倍数的稳定性。

(2) 负反馈能减少放大电路的波形失真。

(3) 负反馈对输入电阻和输出电阻的影响。

串联负反馈提高了放大电路的输入电阻;并联负反馈降低了放大电路的输入电阻。

电压负反馈使输出电阻降低;电流负反馈使输出电阻增大。

思考练习题

8-8 什么是反馈?什么是正反馈和负反馈?请你用瞬时极性法分析图 8-3-4 和图 8-3-6 所示电路中反馈的极性均为负反馈。

8-9 什么是电压负反馈和电流负反馈?它们对放大电路的特性各有什么影响?

8-10 什么是串联负反馈和并联负反馈?它们对放大电路的特性各有什么影响?

8-11 如果要求提高放大电路的输入电阻、减小输出电阻、稳定输出电压,应该引入何种组态的负反馈?

如果要求减小放大电路的输入电阻、加大输出电阻、稳定输出电流,应该引入何种组态的负反馈?

高职高专类专业基础课教材

专业基础 (电专业适用)

978-7-04-028545-1	电路基础 (第2版)	胡翔喻
978-7-04-037623-8	电路基础 (第3版)	王慧玲
978-7-04-039874-0	电路基本分析 (第4版)	石 生
978-7-04-038248-8	电路及磁路 (第4版)	朱晓萍
978-7-04-029032-8	电路与电工技术 (第3版)	陆国和
978-7-04-027882-5	电工技术 (第2版)	周定文
978-7-04-018704-3	电工基础及应用	曲桂英
978-7-04-016994-2	电工实训与实训 (第2版)	陆国和
978-7-04-026511-8	电路电工技能实训	金 强
978-7-04-038155-6	模拟电子技术 (第4版)	胡襄如
978-7-04-034586-0	模拟电子技术 (第4版) 学习指导	胡襄如
978-7-04-037767-3	数字电子技术 (第4版)	杨志忠
978-7-04-035231-0	数字电子技术 (第4版) 学习指导	杨志忠
978-7-04-040028-1	板级电子技术 (第3版)	王连英
978-7-04-038459-8	数字电子技术	王连英
978-7-04-035495-6	模拟电子技术基础 (第3版)	薛程威
978-7-04-033543-4	数字电子技术基础 (第4版)	高良权
978-7-04-037315-8	数字电子技术 (第2版)	葛 洁
978-7-04-013481-9	数字电子技术基础	张友汉
978-7-04-022703-1	电子技术	尹其永
978-7-04-039475-7	电子技术 (第4版)	付振强
978-7-04-034790-6	电子技术基础 (第2版)	唐程山
978-7-04-031666-7	电子技术实践与训练 (第3版)	廖先芸
978-7-04-025005-3	电子技术综合应用创新实训教程	孔凡才
978-7-04-038573-1	电机及拖动 (第4版)	许晓峰
978-7-04-028183-5	电机及应用 (第2版)	赵承蕻
978-7-04-026671-9	电机拖动与控制	曹 芳

专业基础 (非电专业适用)

978-7-04-022706-2	电工电子技术 (少学时) (第3版)	林平勇
978-7-04-029496-5	电工电子技术 (多学时) (第3版)	陈小虎
978-7-04-039897-7	电工电子技术 (第3版)	刘蕴陶
978-7-04-028133-0	电工电子技术及应用	赵承蕻
978-7-04-035088-3	电工电子技术基础 (第2版)	顾永杰
978-7-04-029495-8	电工学 (第2版)	易沅屏
978-7-04-029097-4	电工学 (第2版)	曹建林
978-7-04-031130-3	电工技术 (第4版)	席时达
978-7-04-039029-2	电工技术 (第2版)	赵会军
978-7-04-036979-3	电子技术 (第4版)	吕国泰
978-7-04-039030-8	电子技术 (第2版)	高 高
978-7-04-035080-7	建筑电工技术 (第2版)	顾伟中

简明易学系列

978-7-04-033999-4	电路基础及应用	燕庆明
978-7-04-036345-6	电工技术及应用	丁振华
978-7-04-034761-6	电子技术及应用	华永平
978-7-04-033970-3	模拟电子技术及应用	胡襄如
978-7-04-033968-0	数字电子技术及应用	杨志忠
978-7-04-034000-6	电机拖动及应用	唐 介

ISBN 978-7-04-039897-7



定价 39.80元