



模拟电子技术

学习情境五 反馈放大电路

第一单元 反馈放大电路的类型和判定方法

情境导入

日常生活中有些水龙头是自动出水的，那么水龙头自动开关电路的工作原理是什么？自动开关电路包括红外发射接收电路、集成运算放大电路、NE555单稳态触发器、继电器电路等。当有物体反射红外线时，红外发射二极管发出的红外线被红外接收二极管接收，经过集成运算放大电路放大，从相应输出端输出低电平，触发NE555单稳态触发器，在NE555的第3脚输出高电平，驱动晶体管饱和导通，接在晶体管电路上的继电器K得电吸合，其常开开关闭合，控制水龙头的电磁阀动作。为了控制红外线接收的灵敏度，可在电路中接入可调电阻。反射距离与物体表面反光程度和红外线接收灵敏度有关，灵敏度太高容易受到光线和电磁波干扰，一般反射距离为20 cm左右。另外，控制单稳态触发器的充放电电阻，可以调节继电器的吸合时间。

学习导航

- 1.了解反馈的概念和类型，掌握反馈类型的判断方法。
- 2.掌握负反馈放大电路的基本类型及分析方法。
- 3.掌握负反馈对电路性能及输入、输出电阻的影响。
- 4.掌握深度负反馈放大电路的特点和估算方法。

育人目标

了解我国在芯片领域取得的成就，激发学生的民族自豪感，激励学生以祖国强盛为己任，发奋学习。

第一单元 反馈放大电路的类型

知识目标

- 1.了解反馈的概念。
- 2.掌握反馈的类型及判断方法。
- 3.掌握负反馈放大电路的基本类型及分析。
- 4.掌握负反馈对放大电路性能及输入、输出电阻的影响。

技能目标

通过本单元的学习，掌握如何判别负反馈放大电路的类型，以及如何制作负反馈放大电路。

基础知识

前面讨论放大电路的输入信号与输出信号间的关系时，只涉及输入信号对输出信号的控制作用，这称为放大电路的正向传输作用。然而，放大电路的输出信号也可能对输入信号产生反作用，简单地说，这种反作用就是反馈。

在基本放大电路中，把放大电路的输出信号（电压或电流）的一部分或全部，通过一定电路（反馈网络或反馈通路）送回到放大电路的输入端，并与输入信号（电压或电流）相合成的过程，称为反馈。

有反馈的放大电路称为反馈放大电路，其组成框图如图5-1a所示。由图可知反馈放大电路由两部分组成，即基本放大电路和反馈网络，带箭头的线条表示信号沿箭头方向传输。图5-1b是一个具体的反馈放大电路。图中除了基本放大电路外，由 R_1 和 R_f 组成的电路接在输入端和输出端之间，将输出量反送到放大电路输入端，因此这部分电路是反馈网络。 u_i 、 u_f 、 u_{id} 和 u_o 分别表示电路的输入电压、反馈电压、净输入电压和输出电压。

第一单元 反馈放大电路的类型

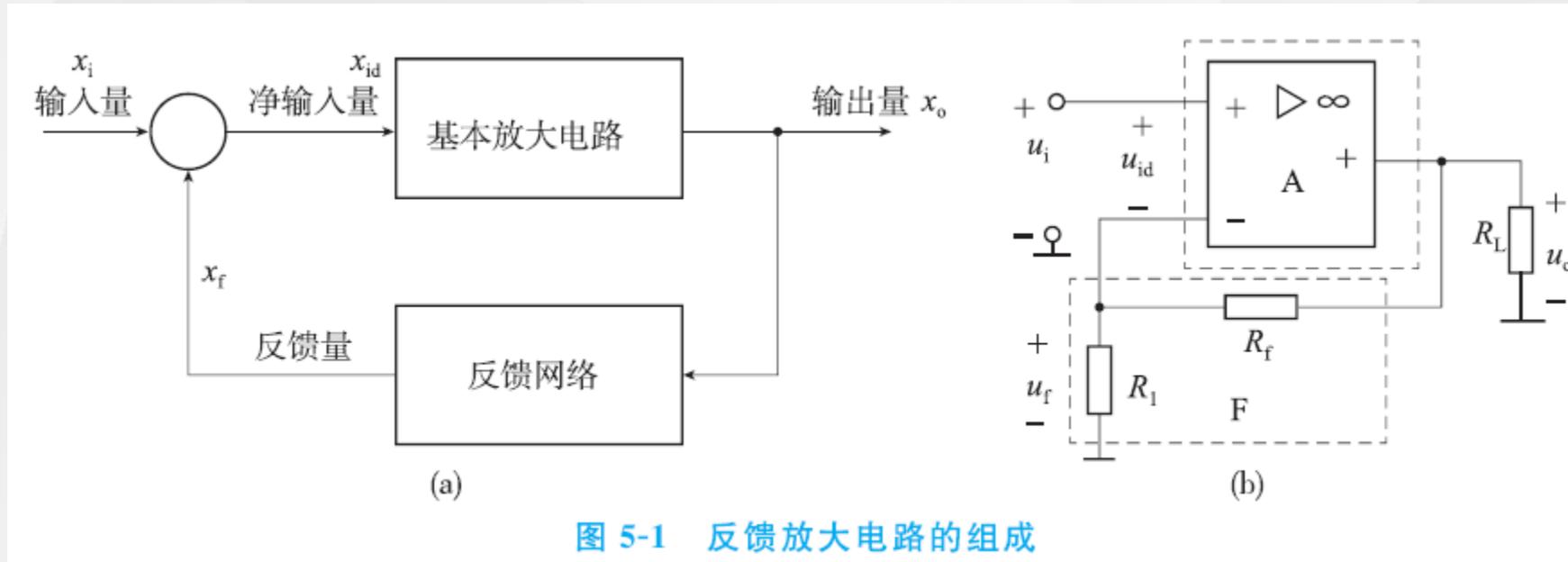


图 5-1 反馈放大电路的组成

基本放大电路的输出信号 x_o 与净输入信号 x_{id} 之比，称为基本放大电路的放大倍数，也称开环放大倍数，

即

$$A = \frac{x_o}{x_{id}} \quad (5-1)$$

反馈信号 x_f 与输出信号 x_o 之比，称为反馈系数，即

$$A_f = \frac{x_o}{x_i} \quad (5-3)$$

第一单元 反馈放大电路的类型

整理以上公式可得

$$A_f = \frac{A}{1+AF} \quad (5-4)$$

式(5-4)为反馈放大电路放大倍数的一般表达式。由式(5-4)可以看出,放大电路引入负反馈后,放大倍数改变了,其大小与 $1+AF$ 这一因素有关。 $|1+AF|$ 越大,放大电路的放大倍数越小,因此 $|1+AF|$ 的值是衡量反馈程度的一个重要指标,称为反馈深度。反馈越深,对放大电路性能影响就越大。

二、反馈的分类

按照反馈的性质、效果等情况，反馈可以分成正反馈和负反馈、直流反馈和交流反馈、串联反馈和并联反馈、电压反馈和电流反馈。

(一)正反馈与负反馈

如果反馈信号与输入信号极性相同，使净输入信号增强，那么这种反馈就称为正反馈；如果反馈信号与输入信号极性相反，使净输入信号减小，那么这种反馈就称为负反馈。正反馈可以提高放大电路的放大倍数，主要用于振荡电路中；负反馈能够稳定输出端被取样的量，使放大电路的性能得到改善，一般放大电路均采用负反馈放大电路。

通常用瞬时极性法判断反馈的极性。首先假定输入信号在某瞬间对地极性为正，在图中用“+”表示；然后根据各级电路输入端信号与输出端信号的相位关系，标出电路其他各点的瞬时极性，从而得出反馈信号的极性；最后判断反馈信号是增强还是削弱净输入信号，进而判定反馈的极性。

第一单元 反馈放大电路的类型

(二) 直流反馈与交流反馈

在放大电路中同时存在直流分量和交流分量，若反馈信号是交流量，则称为交流反馈；若反馈信号是直流量，则称为直流反馈；若反馈信号中既有直流量又有交流量，则电路中既存在直流反馈又存在交流反馈。

例如图5-4a所示电路，对直流信号来讲，电容 C_f 相当于开路，其直流通路如图5-4b所示，由于输出与输入之间无反馈通路，所以两级放大电路之间不存在直流反馈。而对交流信号而言，电容 C_f 相当于短路，其交流通路

如图5-4c所示。

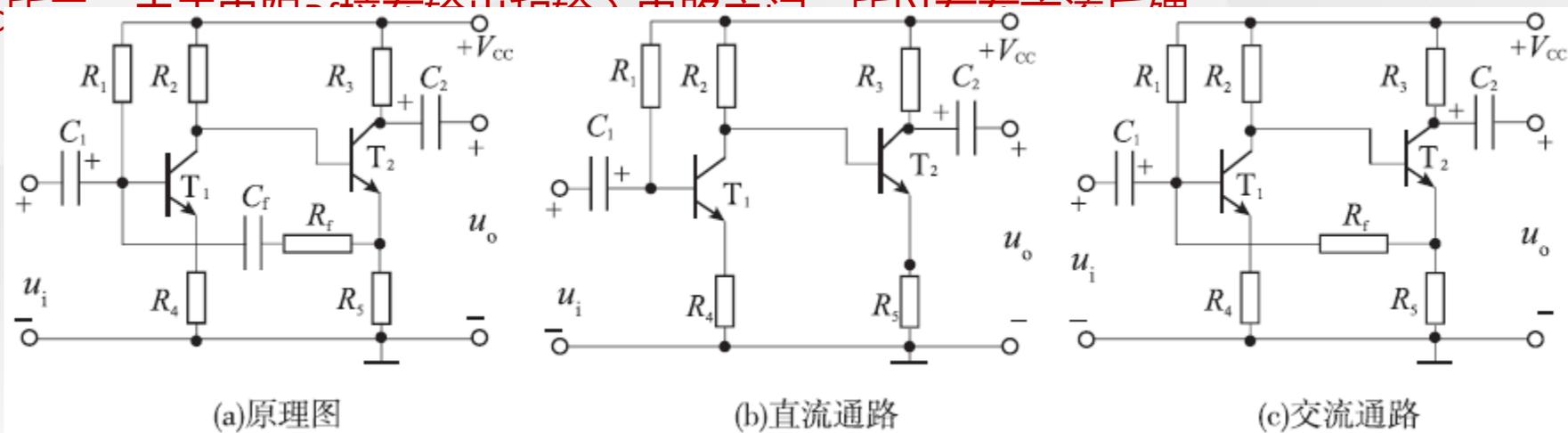


图 5-4 判断直流反馈与交流反馈

第一单元 反馈放大电路的类型

(三) 电压反馈与电流反馈

根据反馈信号从放大电路的输出端取出方式的不同，反馈电路可分为电压反馈和电流反馈。若反馈信号取自输出电压，如图5-5a所示，则称为电压反馈，其反馈信号（电压或电流）正比于输出电压；如果反馈信号取自输出电流，如图5-5b所示，则称为电流反馈，其反馈信号（电压或电流）正比于输出电流。**电压反馈的取样环节与放大电路输出端并联，电流反馈的取样环节与放大电路输出端串联。**

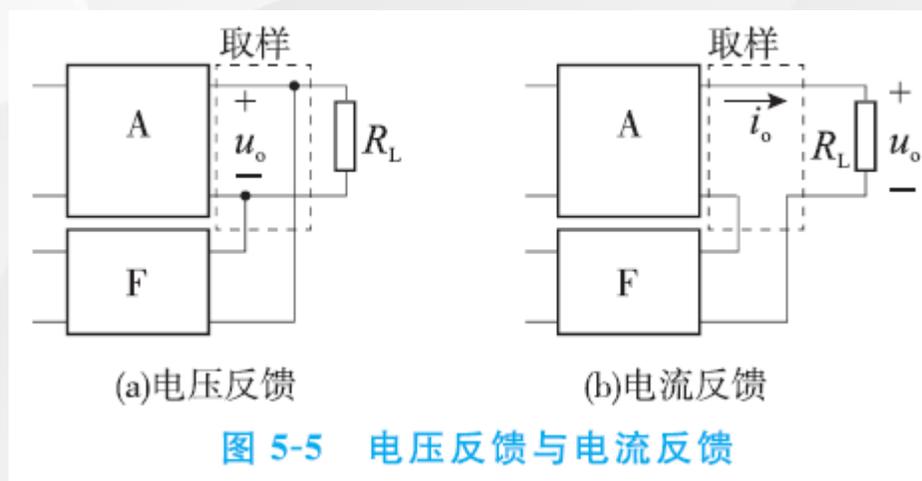


图 5-5 电压反馈与电流反馈

第一单元 反馈放大电路的类型

在实际判断中，只要假定输出电压 $u_o=0$ ，如果反馈不存在，则为电压反馈；如果反馈仍然存在，则为电流反馈。

在图5-6a中通过 R_f 、 R_1 引入的反馈信号 u_f 正比于 u_o ，如果令 $u_o=0$ ，反馈信号消失，说明它属于电压反馈；在图5-6b中，通过电阻 R_f 引入的反馈信号 u_f 与输出电流 i_o 成正比，如果令 $i_o=0$ ，反馈信号消失，说明它属于电流反馈。

由分立元件组成的电压、电流反馈电路如图5-6c所示。图中有两条反馈通路，由电阻 R_{f2} 、 R_4 引入的反馈电压 u_{f2} 与输出电压成正比，如果令 $u_o=0$ ，反馈信号消失，说明它属于电压反馈；由电阻 R_{f1} 、电容 C_f 组成的反馈信号，在 $u_o=0$ 时，反馈信号仍存在，说明它属于电流反馈。

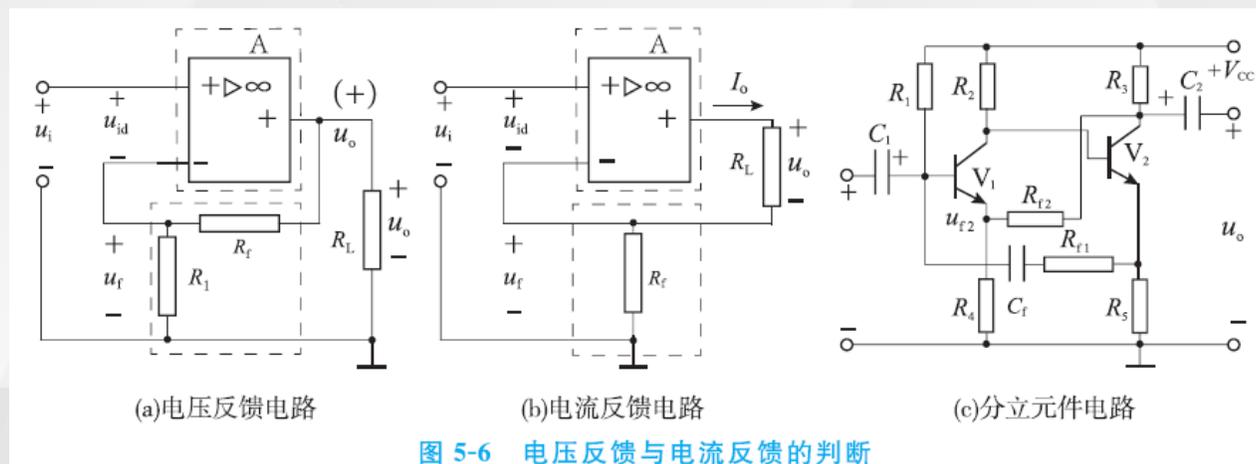


图 5-6 电压反馈与电流反馈的判断

第一单元 反馈放大电路的类型

(四) 串联反馈与并联反馈

根据反馈信号在放大电路输入端与输入信号连接方式的不同，反馈又分为串联反馈和并联反馈。反馈信号在输入端以电压形式出现，且与输入电压串联起来加到放大电路的输入端，称为串联反馈；反馈信号以电流形式出现，且与输入电流并联作用于放大电路的输入端，称为并联反馈，如图5-7所示。

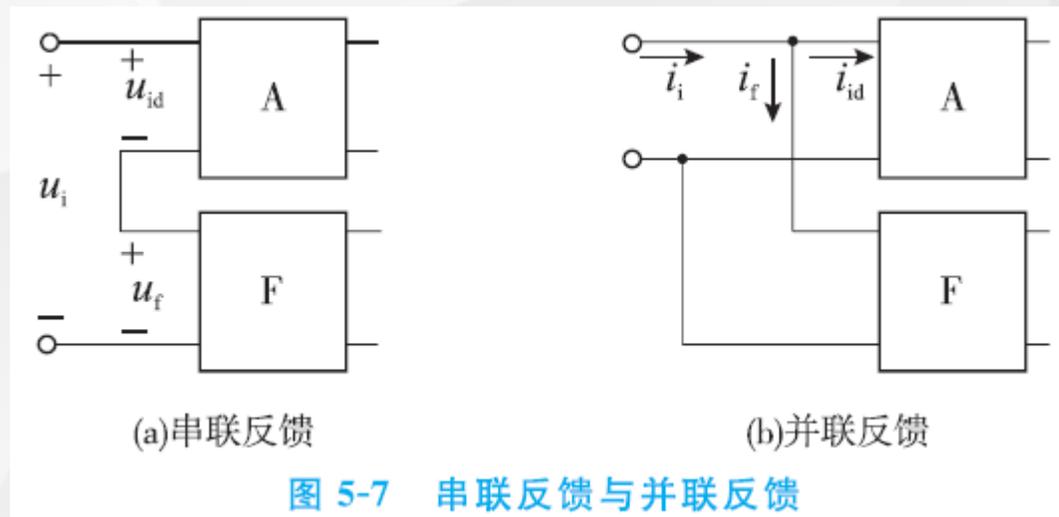


图 5-7 串联反馈与并联反馈

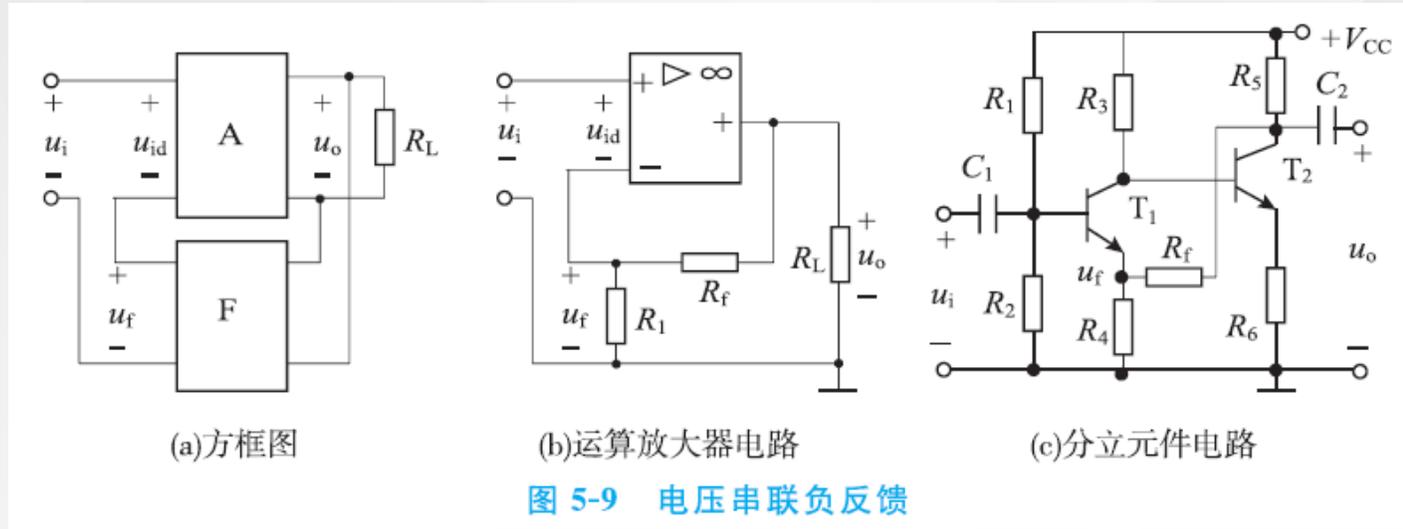
三、负反馈放大电路的类型

由于反馈网络在放大电路输出端有电压和电流两种取样方式，在放大电路输入端有串联和并联两种求和方式，因此可构成四种类型的负反馈放大电路，即电压串联负反馈、电压并联负反馈、电流串联负反馈和电流并联负反馈。

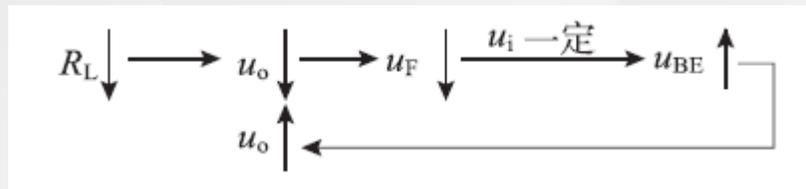
(一) 电压串联负反馈

图5-9a所示为电压串联负反馈放大电路的组成框图，图5-9b所示为由运算放大器组成的反馈放大电路，由瞬时极性法判断可知，该电路为负反馈。由于反馈信号 u_f 在输入端以电压形式出现，且与输入电压串联起来加到放大电路输入端，所以是串联反馈。如果令 $u_o=0$ ，反馈信号 u_f 消失，说明它属于电压反馈，故图5-9b所示的电路是电压串联负反馈电路。图5-9c所示为由分立元件组成的放大电路，输出电压 u_o 经反馈电阻 R_e 全部反馈到输入端， $u_f=u_o$ ，属于电压反馈。在输入回路中，净输入电压 $U_{BE}=U_i-u_f$ ，所以为串联反馈。用瞬时极性法可判断为负反馈，所以图5-9c也是电压串联负反馈电路。

第一单元 反馈放大电路的类型



电压串联负反馈的重要特点是具有稳定输出电压的作用。例如，当 u_i 大小一定，由于负载电阻 R_L 减小而使 u_o 的大小下降时，该电路能自动进行以下调节过程：



可见，通过电压串联负反馈能使 u_o 不受负载电阻变化的影响，说明电压串联负反馈放大电路具有较好的恒压输出特性。

第一单元 反馈放大电路的类型

课堂讨论

电压串联负反馈放大电路能够稳定输出电压，为增强负反馈作用，电压串联负反馈放大电路能制作成恒压源或近似恒压源吗？

(二) 电压并联负反馈

图5-10a所示为电压并联负反馈放大电路的组成框图，图5-10b所示为由运算放大器组成的反馈放大电路，其输入量与反馈量均从运算放大器反相输入端引入，且以电流的形式在输入回路相比较，所以是并联反馈。如果令 $u_o=0$ ，反馈信号 i_f 消失，说明它属于电压反馈。从图中的极性判断，电路为负反馈。故图5-10b所示的电路是电压并联负反馈电路。用同样的方法可证明图5-10c所示的电路也为电压并联负反馈电路。

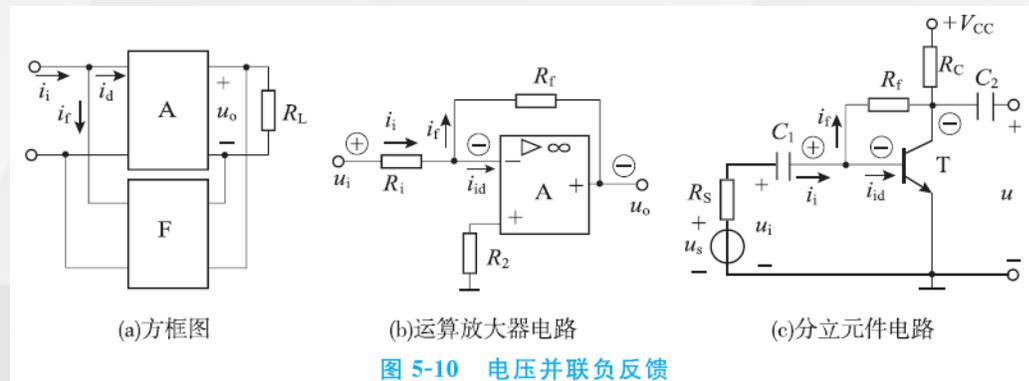


图 5-10 电压并联负反馈

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：
<https://d.book118.com/377013201200010012>