



多级及负反馈放大电路

长安大学 电工电子实验教学中心



CONTENTS

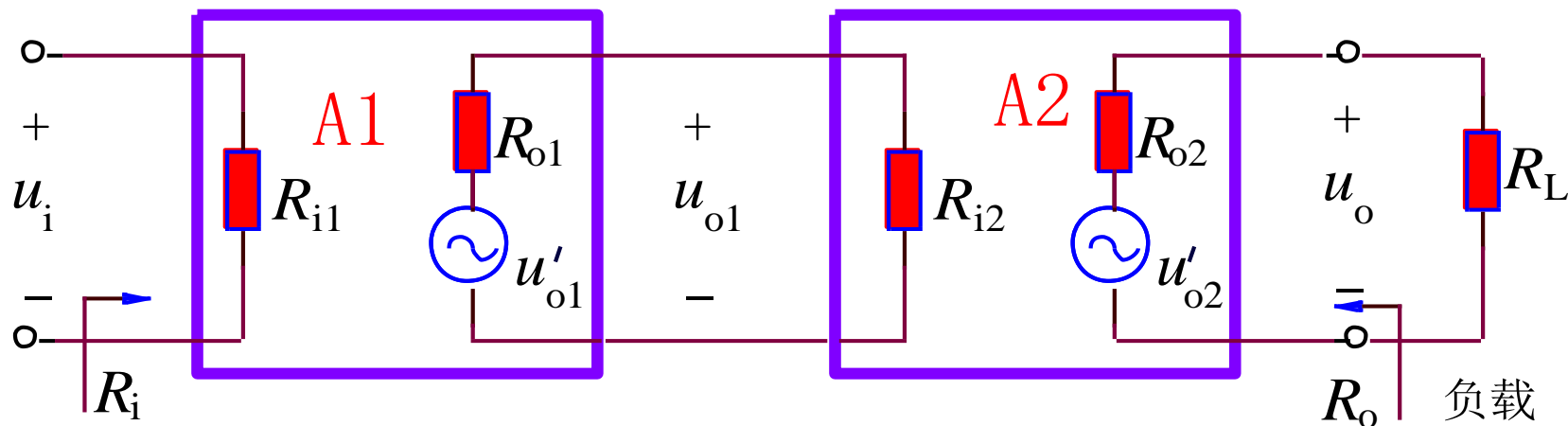
目录

- 01 多级放大电路分析
- 02 放大电路的频率响应
- 03 放大电路中的反馈
- 04 实验内容及注意事项



01 PART ONE

多级放大电路分析



- 后级的输入阻抗是前级的负载，前级的输出阻抗是后级的信号源阻抗。

- 电压放大倍数（以两级为例）
$$\dot{A}_u = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i} = \frac{\dot{U}_{o1}}{\dot{U}_i} \cdot \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_{o1}} = \dot{A}_{u1} \cdot \dot{A}_{u2}$$

- 一般情况下，整个电路的输入电阻为最前级的输入电阻，输出电阻为最后级的输出电阻。动态参数同样采用微变等效电路法进行分析。



02 PART TWO

放大电路的频率响应



放大电路的放大倍数与频率之间的关系称为放大电路的频率响应。

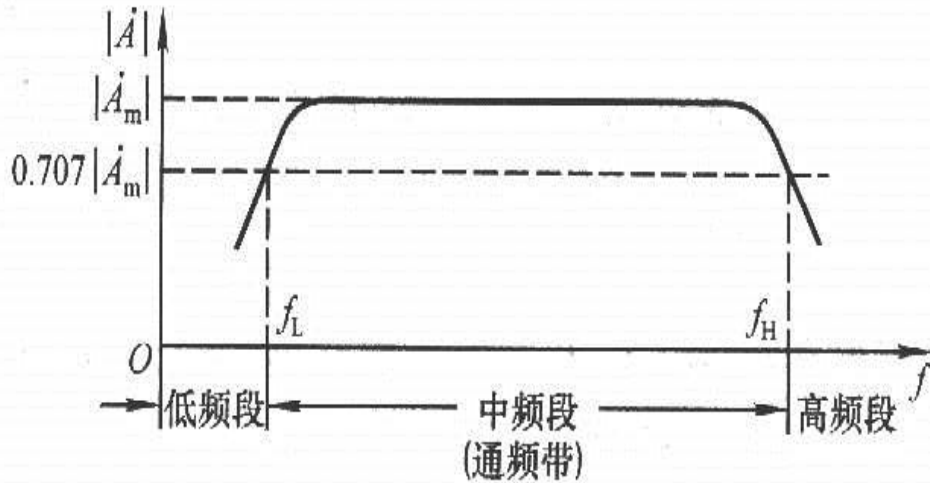
$$\dot{A}_u = \frac{U_o(j\omega)}{U_i(j\omega)}$$

$$A_u = |A_u(f)| \angle \varphi(f)$$

其中， $|A_u(f)|$ 表示电压放大倍数的模与频率的关系，称为幅频相应；

$\varphi(f)$ 表示放大电路输出电压与输入电压之间的相位差与频率的关系，称为相频响应。

放大器的通频带表明放大电路对不同频率信号的适应能力。 放大器的通频带越宽，表明对信号频率的适应能力越强。



左图为阻容耦合放大电路的幅频特性曲线，在中频区内，各种电容的影响均可以忽略不计，电压放大倍数 A_u 基本上不随信号频率而变化，保持为常数 $|A_m|$ ；而在低频段和高频段，受放大电路的耦合电容、旁路电容和极间电容的影响，电压放大倍数 A_u 会明显下降。取中频带作为通频带，并定义如下：

$$f_{BW} = f_H - f_L$$

其中， f_H 为上限截止频率， f_L 为下限截止频率，其对应的放大倍数为 $0.707|A_m|$ 。

因此，计算通频带时只需要测量上限截止频率和下限截止频率即可。



03 PART THREE

放大电路中的反馈

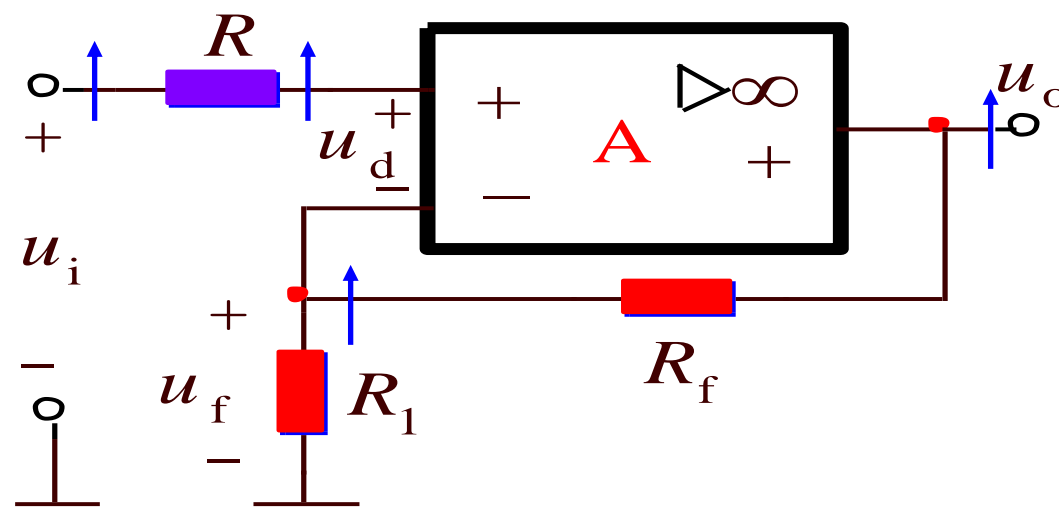


- 放大电路中的反馈，是指将放大电路输出信号(输出电压或输出电流)的一部分或全部，通过一定的方式，反送回输入回路中。通过反馈的方式可改善电路的性能，以达到预定的指标。**无反馈时称为“开环”，有反馈时称为“闭环”。**
- 正、负反馈：若反馈使放大电路的净输入信号增大，则称其为正反馈。若反馈使放大电路的净输入信号减小，则称其为负反馈。负反馈可稳定静态工作点。正反馈常用于信号发生电路。（**判断方法：瞬时极性法**）
- 直流、交流负反馈：反馈量只有直流量称为直流负反馈，可稳定静态工作点；反馈量只含有交流量称为交流负反馈，用以改善放大电路的动态性能。



负反馈放大电路的四种基本组态判定：

- 反馈电路直接从输出端引出的，是电压反馈；从负载电阻靠近“地”端引出的，是电流反馈（也可将输出端短路，若反馈量为零，则为电压反馈；若反馈量不为零，则为电流反馈）。
- 输入信号和反馈信号分别加在两个输入端，是串联反馈；加在同一输入端的是并联反馈（或者将输入端短路，若反馈量为零，则为并联反馈；若反馈量不为零，则为串联反馈）。



$$\text{反馈电压：} \quad u_f = u_o \frac{R_1}{R_1 + R_f}$$

因为反馈量与输出电压成比例，所以称电压反馈。

从输入端看，有： $u_d = u_i - u_f$

反馈类型为**电压串联负反馈**。



负反馈的作用：

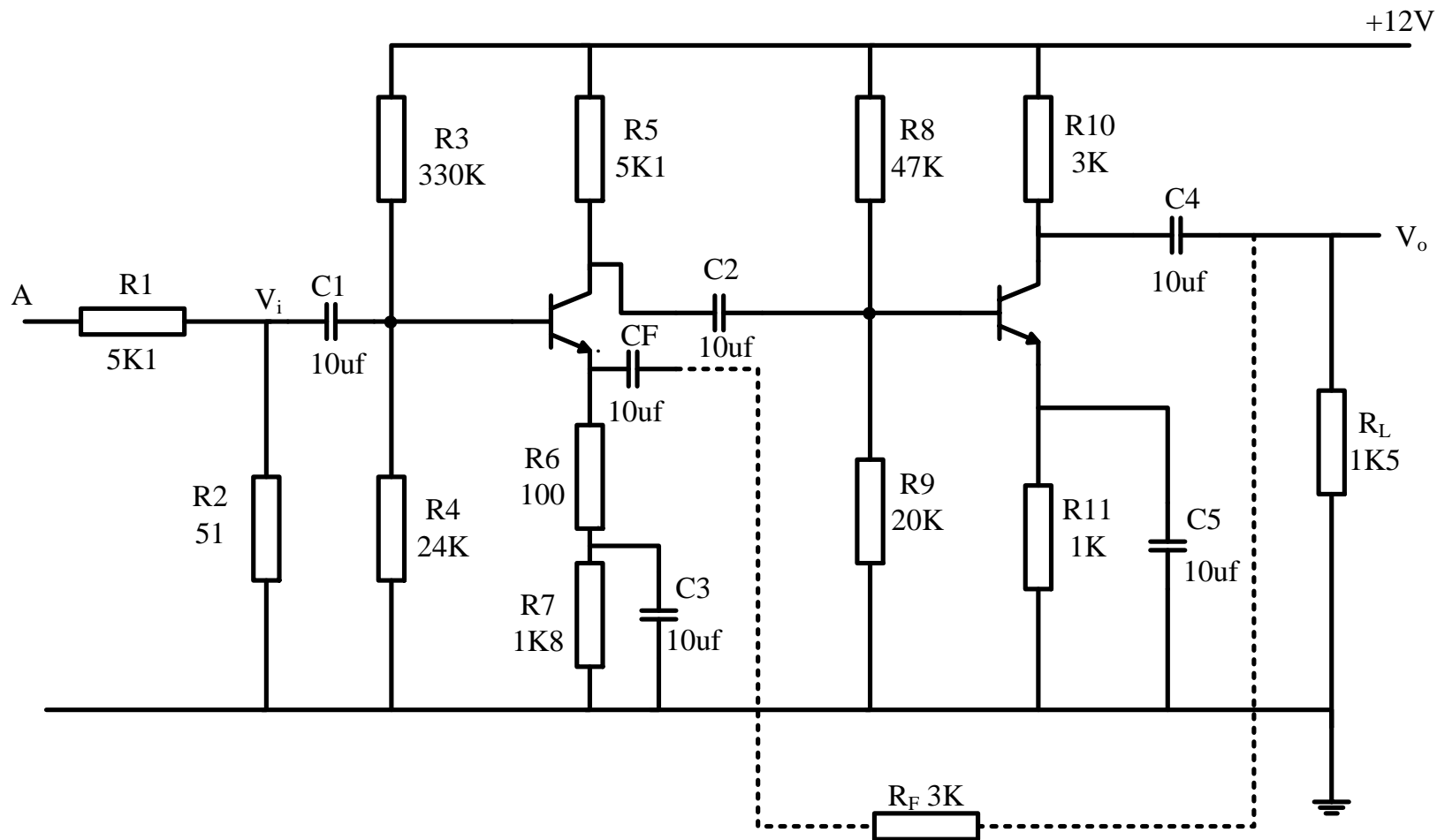
- 降低电压放大倍数；
- 提高放大电路的稳定性：放大倍数下降至 $1/(1+|AF|)$ 倍, 其稳定性提高 $1+|AF|$ 倍；
- 展宽通频带： $f_{bwf} = (1 + |AF|)f_{bw}$ ；
- 改善非线性失真；
- 改变输入、输出电阻：不同类型的负反馈，对输入电阻、输出电阻的影响不同，负反馈对输入电阻和输出电阻的影响程度，与反馈深度有关。



04 PART FOUR

实验内容及注意事项

实验内容及注意事项





1、放大电路开环及闭环放大倍数的测量。

A端接入大小为 $200mV_{PP}$ ， $f=5KHz$ 的正弦波(注意：**输入信号采用衰减法，此时 $V_i = 2mV_{PP}$**)。调整接线使输出不失真且无振荡(如果输出失真，可适当减小信号源幅值)。将**信号源和输出信号**分别接到示波器的两个通道，应观察到两个不失真的同相波形。分别用交流毫伏表测量输入信号、空载输出、带负载输出值，计算开环放大倍数 A_v 和输出电阻 R_o 。

接入反馈之后，观察输出波形的变化情况，计算闭环放大倍数 A_{vf} 和输出电阻 R_{of} 。

计算反馈系数 F ，并验证 $A_{vf} = \frac{A_v}{1+A_v F}$ (什么时候满足 $A_{vf} \approx \frac{1}{F}$?)

注意：两级电路的放大倍数较大，为使输出不失真，输入信号不宜太大，故将信号源衰减后作为输入信号。但是 V_i 太小，在示波器上显示的波形不稳定，所以将信号源与输出信号同时接到示波器，以得到稳定的波形。

测量输入信号时要接到 V_i 端，而不是信号源。



2、负反馈对失真的改善作用

- (1) A端接入 $5V_{pp}$, $f=5\text{KHz}$ 的正弦波信号, 记录失真波形。
- (2) 接入负反馈, 观察输出波形, 比较反馈前后波形失真差别。
- (3) 若 $R_F=3\text{K}$ 不变, 但 R_F 接入第一级三极管 $1V_1$ 的基极, 会出现什么情况? 用实验验证并分析原因。



3、通频带的测量 (视情选做)

(1) 不接反馈, 信号源设置为 200 mV_{PP} , $f=5\text{KHz}$, 测量此时的输出电压值 V_{om} (第1步已记录);

(2) 增大信号源频率, 观察输出信号变化情况, 当 $V_o = 0.707 \times V_{om}$ 时, 此时的信号频率即为通频带的上限截止频率 f_H ;

(3) 减小信号源频率, 同理测量通频带的下限截止频率 f_L ;

(4) 计算开环电路的通频带 $f_{bw} = f_H - f_L$;

(5) 接入反馈, 用同样的方法测量并计算闭环电路的通频带 f_{bwf}

注意: 调节信号源频率时, 建议用旋钮调节, 从最高位开始, 直到输出电压发生变化。