

# 晶体管多级放大器

- 1.电路讲解
- 2.实验步骤
- 3.预习内容

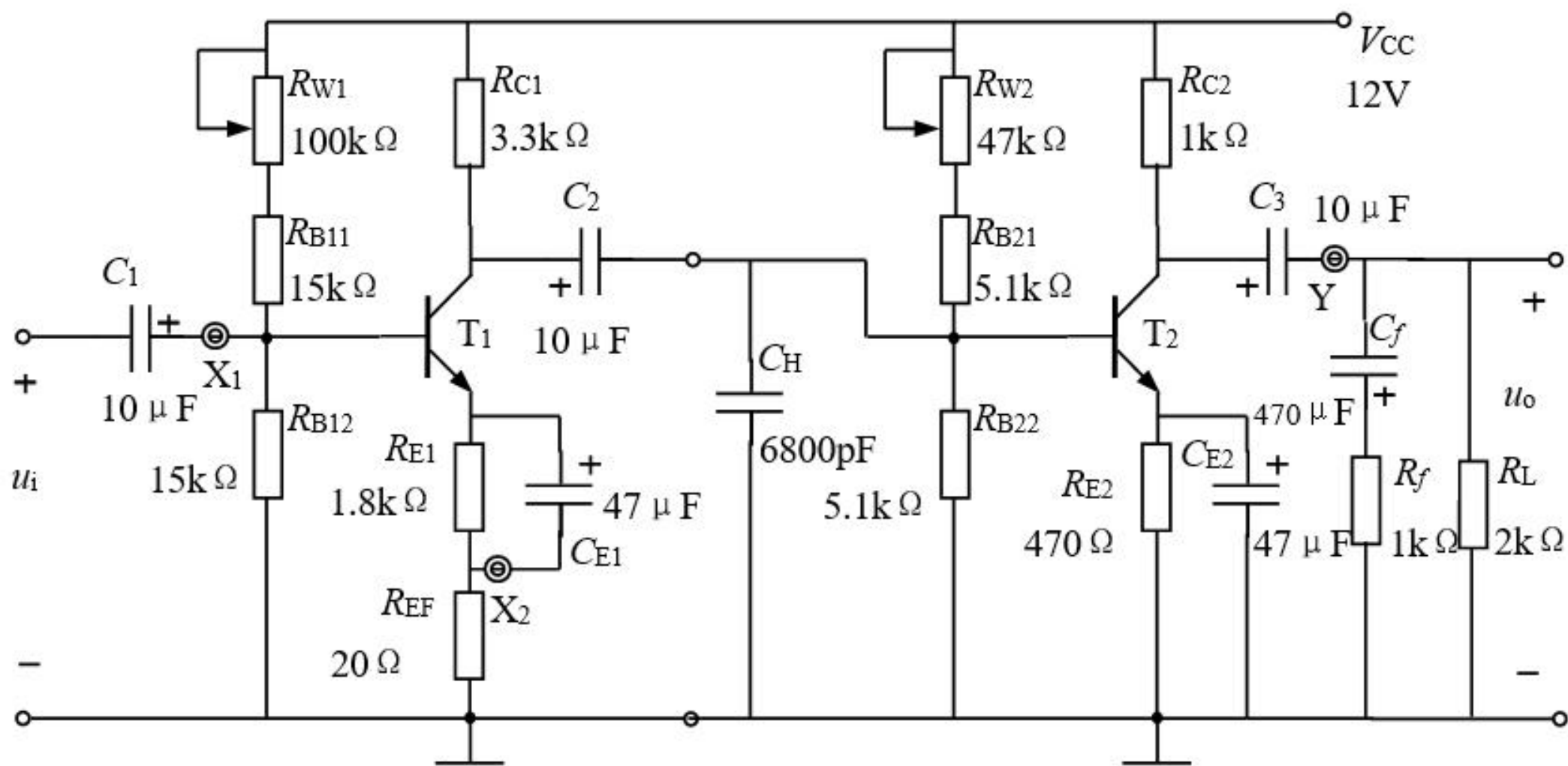


图3.2.1稳定静态工作点的两级共射极放大电路

# 实验步骤

## 一、静态调节

调节  $R_{W1}$ ,  $R_{W2}$  将  $U_{B1}$ 、 $U_{B2}$  电压调至3V。记录此时两个晶体管  $U_C$ 、 $U_B$  和  $U_E$  的值。

## 二、动态测量

1. 测量放大倍数  $A_{u1}$ 、 $A_{u2}$ 、 $A_u$

输入:  $U_i$  处, 1mVpp, 3.5kHz 正弦信号

2. 测量输入电阻  $R_i$  
$$R_i = \frac{U_i}{U_s - U_i} \cdot R_1$$

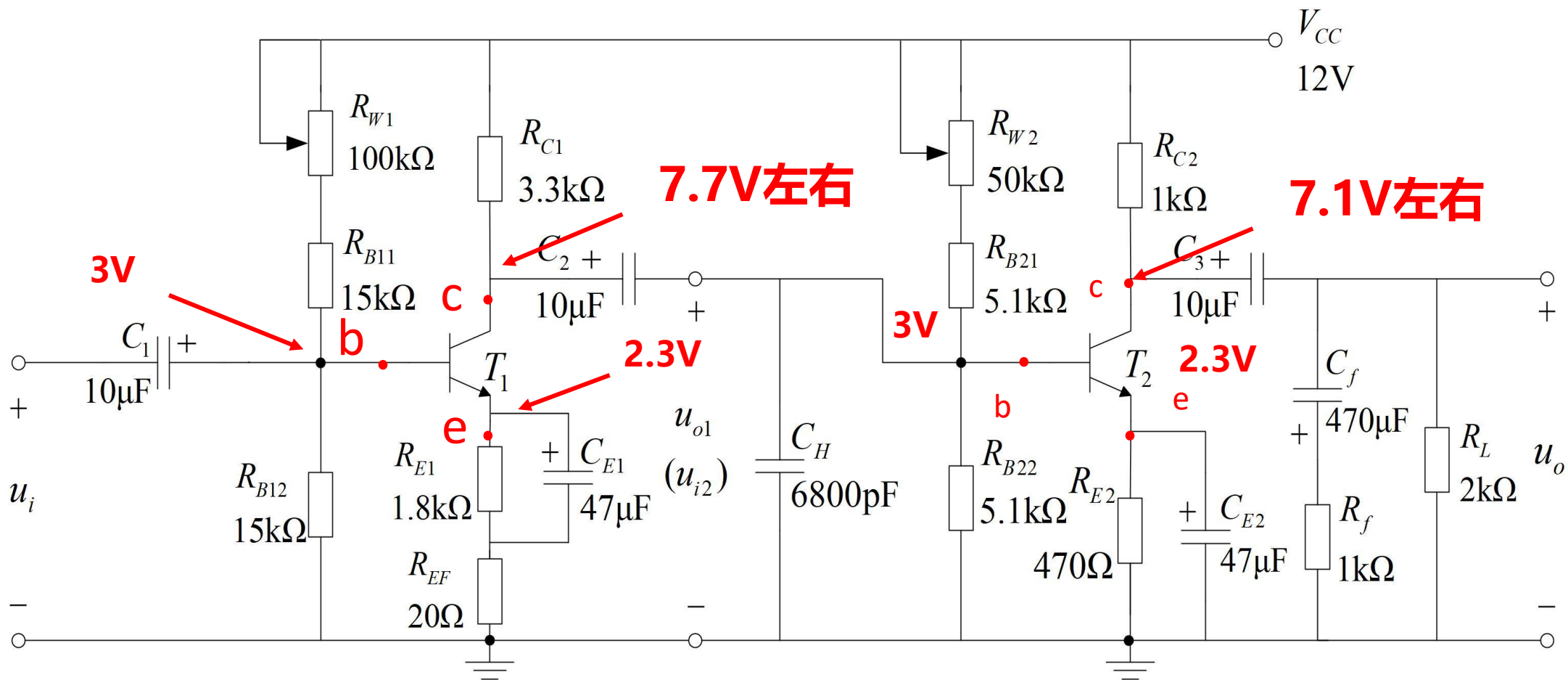
3. 测量输出电阻  $R_o$  
$$R_o = \left( \frac{U_{o\infty}}{U_{oL}} - 1 \right) \cdot R_L$$

4. 测量上、下限截止频率  $f_H$  和  $f_L$

中频区 (3.5kHz处) 测得  $U_{OM}$ , 算出  $0.707 U_{OM}$ 。寻找  $f_H$  和  $f_L$

# 1. 调节静态工作点

电源电压 $V_{CC}=+12V$ ，调节 $R_{W1}$ ，使 $U_{B1}=3V$ ，调节 $R_{W2}$ ，使 $U_{B2}=3V$ 。用万用表或示波器测量并记录 $U_{B1}$ ， $U_{B2}$ ， $U_{C1}$ ， $U_{C2}$ ， $U_{E1}$ ， $U_{E2}$ 。此时 $U_{CE1}$ ， $U_{CE2}$ 也是5V以上，接近6V，有比较大的动态范围。



请在实验报告纸上记录测量结果：

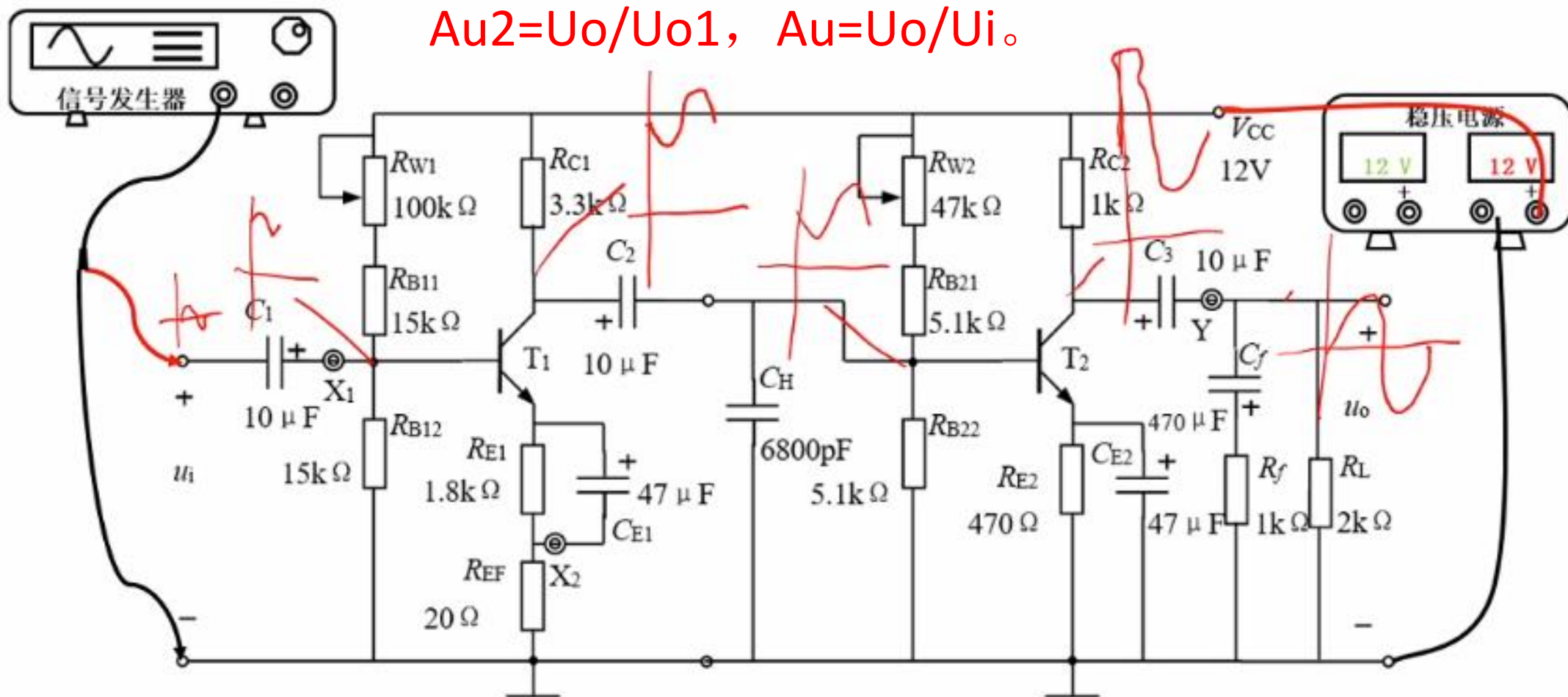
$U_{c1} = \underline{\hspace{2cm}} \text{V}$ ,  $U_{b1} = \underline{\hspace{2cm}} \text{V}$ ,  $U_{e1} = \underline{\hspace{2cm}} \text{V}$ .

$U_{c2} = \underline{\hspace{2cm}} \text{V}$ ,  $U_{b2} = \underline{\hspace{2cm}} \text{V}$ ,  $U_{e2} = \underline{\hspace{2cm}} \text{V}$ .

在这些测量结果中， $U_{c1}$ 和 $U_{c2}$ 的测量结果往往不是准确的7.7V和7.1V，这主要是由 $R_c$ 和 $R_e$ 的误差带来的。只要它们的测量值误差在正负0.3V范围内，通常电路都是正确的。

## 2.放大倍数测量 输入: $U_i$ 处, 1mVpp, 3.5kHz 正弦信号

输入信号 $f=3500\text{Hz}$ （幅值在1mV左右），在输出不失真的情况下使用晶体管毫伏表/示波器测量 $U_{o1}$ 及 $U_o$ ，**计算放大倍数 $A_{u1}=U_{o1}/U_i$ ， $A_{u2}=U_o/U_{o1}$ ， $A_u=U_o/U_i$ 。**

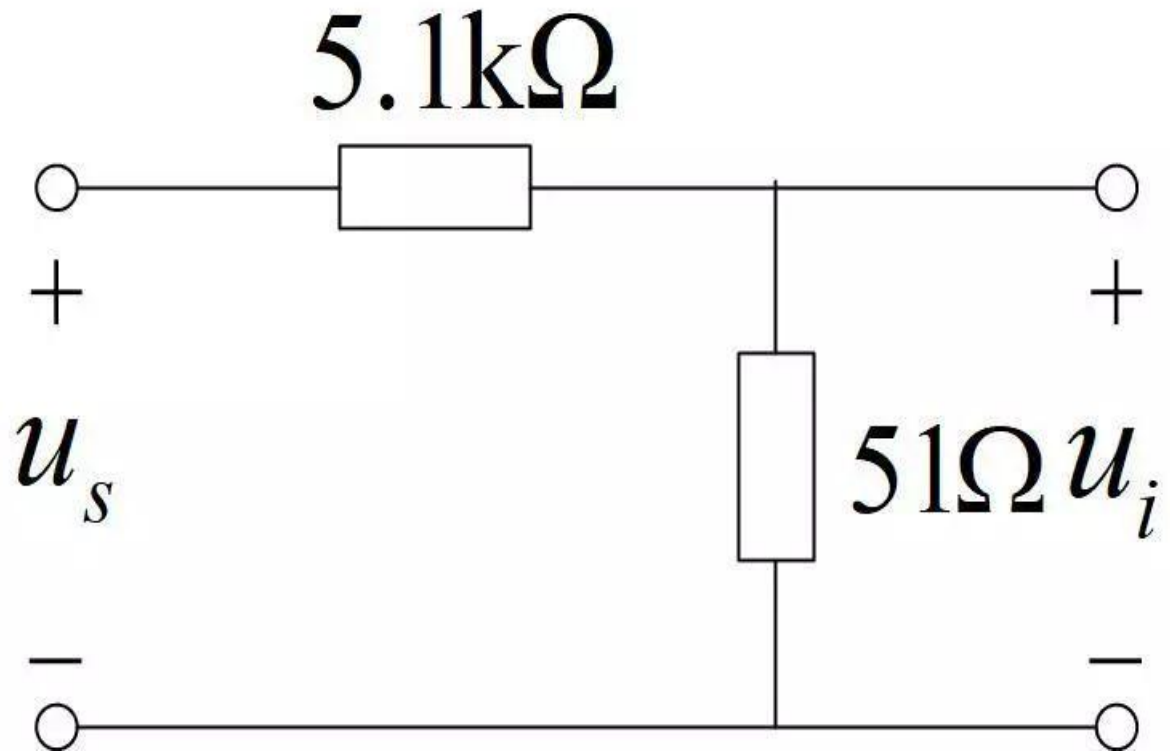


# 提高信噪比（获得小信号）的方法

信号发生器可能无法提供所需要的小信号，或者由于输出的信号很小，信噪比较低，可采用电阻分压的方法。

$U_s=100\text{mVpp}$ 时， $U_i=1\text{mVpp}$

在使用此方法查错时，一定要提前掌握示波器的DC耦合和AC耦合两种耦合方式的异同，并在观察波形时认真体会。



记录测量结果：

## 1. 测开环 $A_u$

输入： $U_i$ 处，3.5kHz，1mVpp，正弦波。

$U_o$ 输出未失真(必须用示波器观察)。

用示波器（或毫伏表）测得：

$U_o = \underline{\hspace{2cm}}$  mVpp,  $U_{o1} = \underline{\hspace{2cm}}$  mVpp,  $U_i = \underline{\hspace{2cm}}$  mVpp.

$\therefore A_{u1} = U_{o1} / U_i = \underline{\hspace{2cm}};$

$A_{u2} = U_o / U_{o1} = \underline{\hspace{2cm}};$

$A_u = U_o / U_i = \underline{\hspace{2cm}}.$



## 2. 测量输入电阻 $R_i$

只要确保第一级不失真即可，可**加大**输入信号幅度。用示波器观察  $U_{o1}$ ，在其不失真的时，用毫伏表测量  $U_s$  及  $U_i$ ，计算  $R_i$ 。

### R1 实测

## 3. 测量输出电阻 $R_o$

### ● $R_L$ 实测

## 4. 测量上、下限截止频率 $f_L$ 、 $f_H$

# 预习内容

- 一、预习实验3.2 连接P76, 图3.2.2
- 二、已知条件:  $V_{CC}=12V$ ,  $U_{B1}=U_{B2}=3V$ ,  $\beta_1, \beta_2$
- 三、估算:  $A_u, R_i, R_o, f_L, f_H$

只需要调整一条线, 即可将多级开环放大电路变为闭环放大电路。

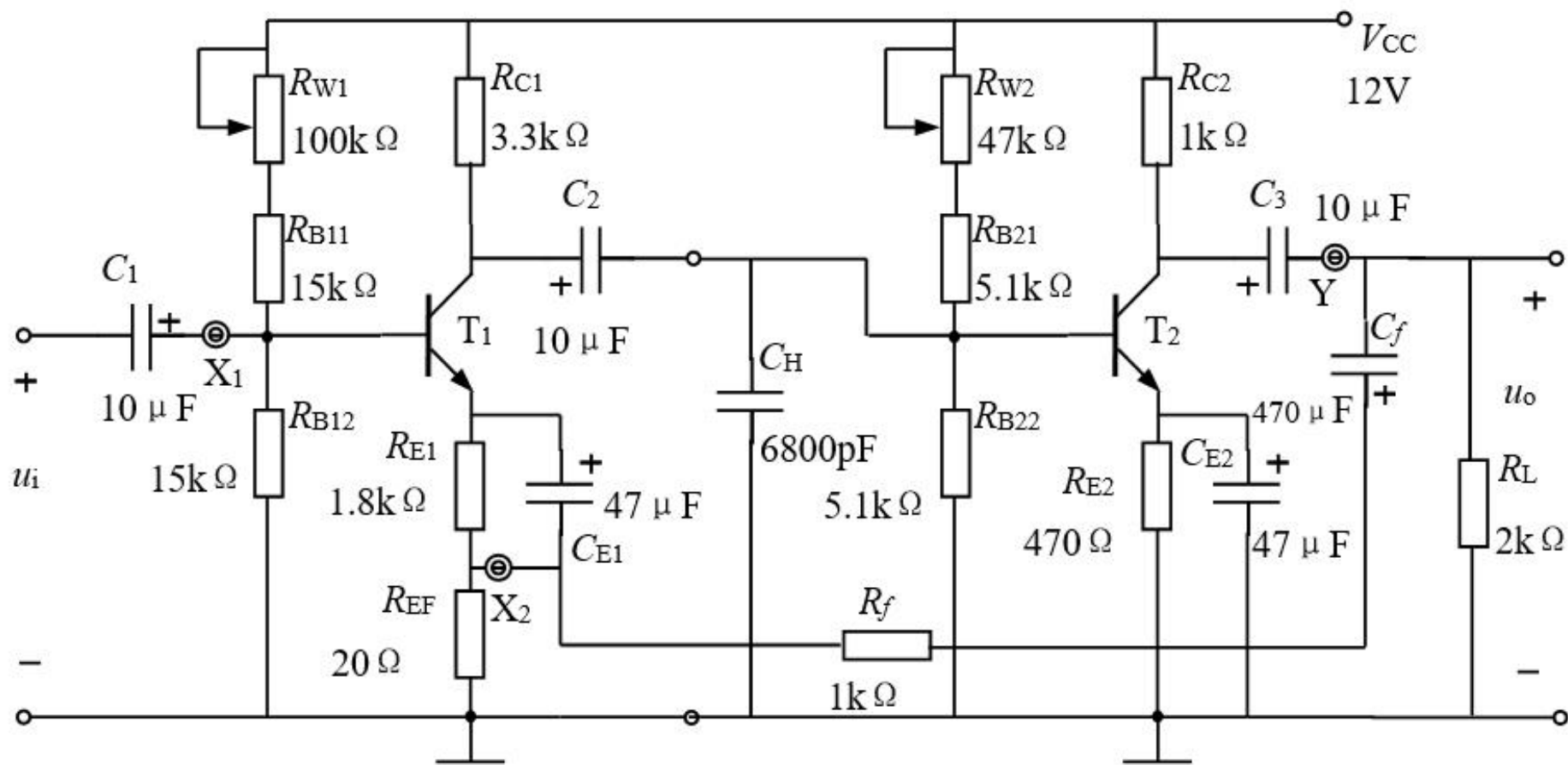


图 3.2.2 含电压串联负反馈的两级共射极放大电路

# 实验内容

## 一、静态调节

调节  $R_{W1}$ ,  $R_{W2}$  将  $U_{B1}$ 、 $U_{B2}$  电压调至3V。记录此时两个晶体管  $U_C$ 、 $U_B$  和  $U_E$  的值。

## 二、动态测量

### 1. 测量放大倍数 $A_u$

输入:  $U_i$  处, 20mV, 3.5kHz

### 2. 测量输入电阻 $R_i$

$$R_i = \frac{U_i}{U_s - U_i} \cdot R_1$$

### 3. 测量输出电阻 $R_o$

$$R_o = \left( \frac{U_{o\infty}}{U_{oL}} - 1 \right) \cdot R_L$$

### 4. 测量上、下限截止频率 $f_H$ 和 $f_L$

中频区 (3.5kHz处) 测得  $U_{OM}$ , 算出  $0.707 U_{OM}$ 。寻找  $f_H$  和  $f_L$

# 实验步骤

## 1.检查工作点

- 测量三极管各引脚电压是否正常。

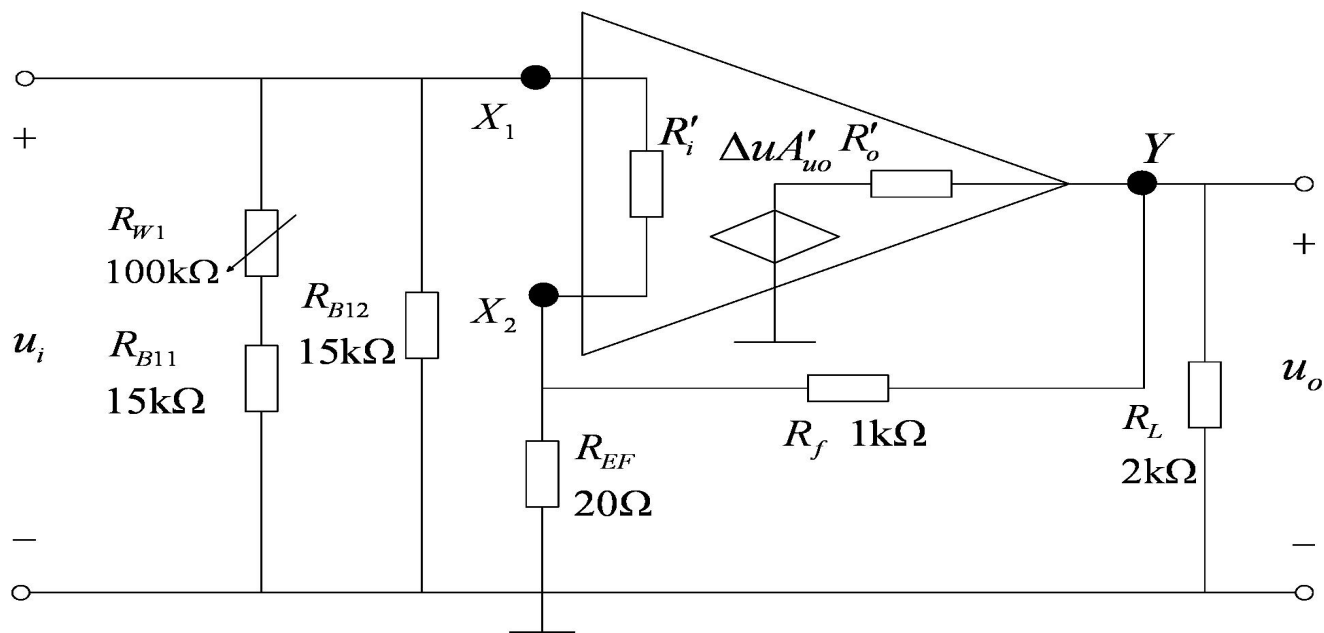
连接为负反馈电路后，静态工作点保持不变。测量三极管各引脚电压是否正常。

## 2.测量放大倍数 $A_{uf}$

- 输入适当加大
- 出现故障，在开环电路下查找。

## 3.测量输入电阻 $R_{if}$

- 采样电阻 $R_1$ 为 $10k\Omega$ ;
- 输入适当加大



# 实验步骤

## 4.测量输出电阻 $R_{of}$

- $R_L$ 取 $20\Omega$ 或 $51\Omega$

## 5.测量上、下限截止频率 $f_{Lf}$ 、 $f_{Hf}$

# 实验内容

## 1. 测闭环 $A_{uf}$

输入： $U_i$ 处，3.5kHz，20mVpp，正弦波.

$U_o$ 输出未失真(必须用示波器观察)

用示波器（或毫伏表）测得：

$U_o = \underline{\hspace{2cm}} \text{mVpp}$ ,  $U_i = \underline{\hspace{2cm}} \text{mVpp}$ .

$\therefore A_{uf} = U_o / U_i = \underline{\hspace{2cm}}$ .

在闭环测量中，单独测量 $A_{u1}$ 和 $A_{u2}$ 是没有必要的，并且它们也不能通过输出端和输入端的直接相除得到，因为此时的 $U_{id}$ 和 $U_i$ 并不相同。

# 实验内容

## 2 测闭环输入电阻

$U_{o1}$ 输出未失真(必须用示波器观察)。

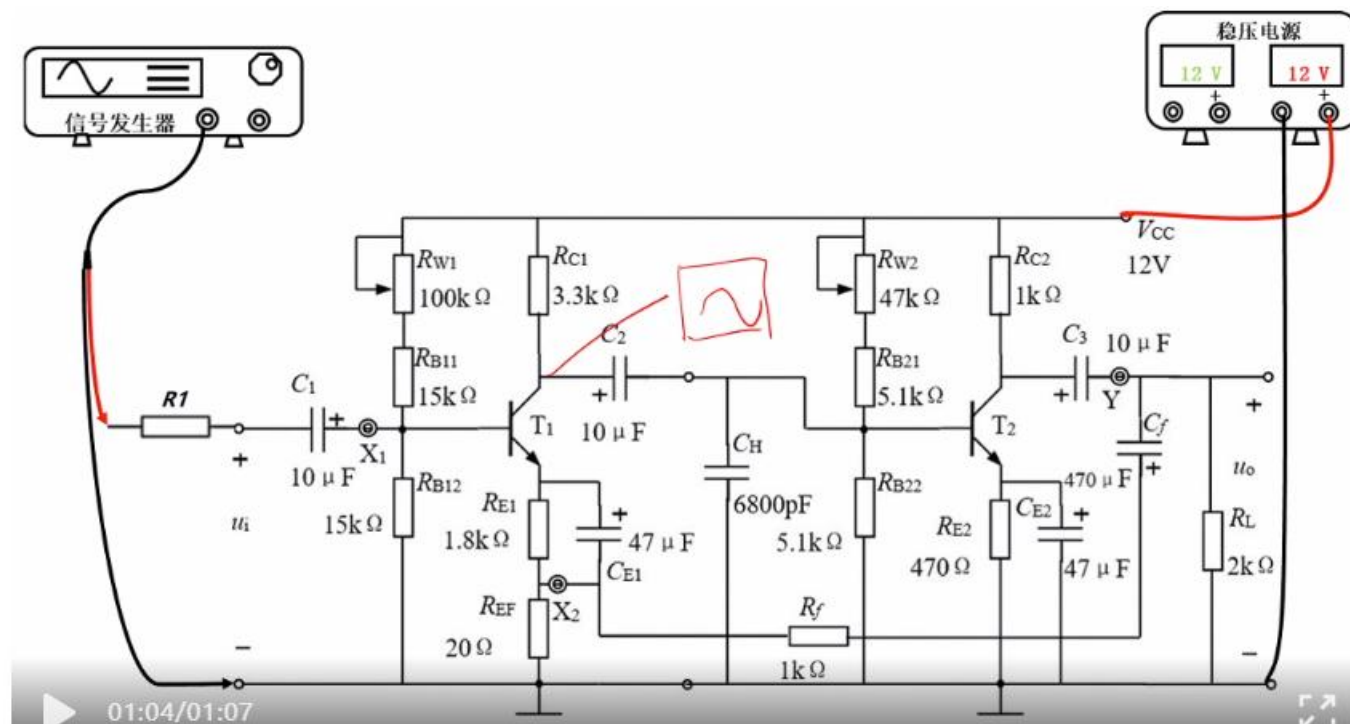
$R1 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ k}\Omega$ .

用示波器（或毫伏表）测得：

$U_s = \underline{\hspace{2cm}} \text{ mVpp}$ ;

$U_i = \underline{\hspace{2cm}} \text{ mVpp}$ .

$\therefore R_{if} = (U_i / (U_s - U_i)) * R1$   
 $= \underline{\hspace{2cm}} \text{ k}\Omega$ .



多级放大电路的输入电阻等于第一级的输入电阻，在测量输入电阻时，仅需要观察第一级输出波形未失真即可。

# 实验内容

## 3. 测 $R_{of}$

输入： $U_i$ 处，3.5kHz，20mVpp，正弦波。  
 $U_o$ 输出未失真(必须用示波器观察)。

用万用表测得：

$R_L = \underline{\hspace{2cm}} \text{ k}\Omega$ .

用示波器（或毫伏表）测得：

$U_{oL} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ mVpp}$ ，  $U_{o\infty} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ mVpp}$ .

$\therefore R_{of} = (U_{o\infty} / U_{oL} - 1) * R_L = \underline{\hspace{2cm}} \text{ k}\Omega$ .

由于 $R_{of}$ 的理论值很小，原来的负载电阻 $R_L$ 相对它来说很大，会导致 $U_{oL}$ 和 $U_{o\infty}$ 的测量结果十分接近，带来很大的测量误差。因此，在测量 $R_{of}$ 时，应该临时将负载电阻 $R_L$ 换成一个小电阻（20 $\Omega$ 或51 $\Omega$ ）。



# 实验内容

## 4. 测 $f_L$ 和 $f_H$

输入： $U_i$ 处，3.5kHz，20mVpp，正弦波。  
 $U_o$ 输出未失真(必须用示波器观察)

用示波器（或毫伏表）测得：

$U_{oM} = \underline{\hspace{2cm}}$  mVpp.

计算得： $0.707 * U_{oM} = \underline{\hspace{2cm}}$  mVpp.

测得： $f_L = \underline{\hspace{2cm}}$  Hz,  $f_H = \underline{\hspace{2cm}}$  Hz.

在测量截止频率时，别忘了将负载电阻 $R_L$ 换回原来的电阻。

# 注意事项

**放大倍数测量：**在闭环测量中，单独测量 $A_{u1}$ 和 $A_{u2}$ 是没有必要的，并且它们也不能通过输出端和输入端的直接相除得到，因为此时的 $U_{id}$ 和 $U_i$ 并不相同。

**输入电阻测量：**由于多级放大电路的输入电阻等于第一级的输入电阻，在测量输入电阻时，仅需要观察第一级输出波形未失真即可。

**输出电阻测量：**由于 $R_{of}$ 的理论值很小，原来的负载电阻 $R_L$ 相对它来说很大，会导致 $U_{oL}$ 和 $U_{o\infty}$ 的测量结果十分接近，带来很大的测量误差。因此，在测量 $R_{of}$ 时，应该临时将负载电阻 $R_L$ 换成一个小电阻（ $20\Omega$ 或 $51\Omega$ ）。

**截止频率测量：**在测量截至频率时，别忘了将负载电阻 $R_L$ 换回原来的电阻。

# 预习内容

- 一、预习实验3.2 连接P82, 图3.3.4
- 二、已知条件:  $V_{CC} = \pm 15V$ ,  $V_Z = \pm 6V$
- 三、估算: 1.方波频率调节范围; 2.方波占空比调节范围;  
3.方波幅值调节范围; 4.三角波幅值调节范围;  
5.直流偏移量调节范围。

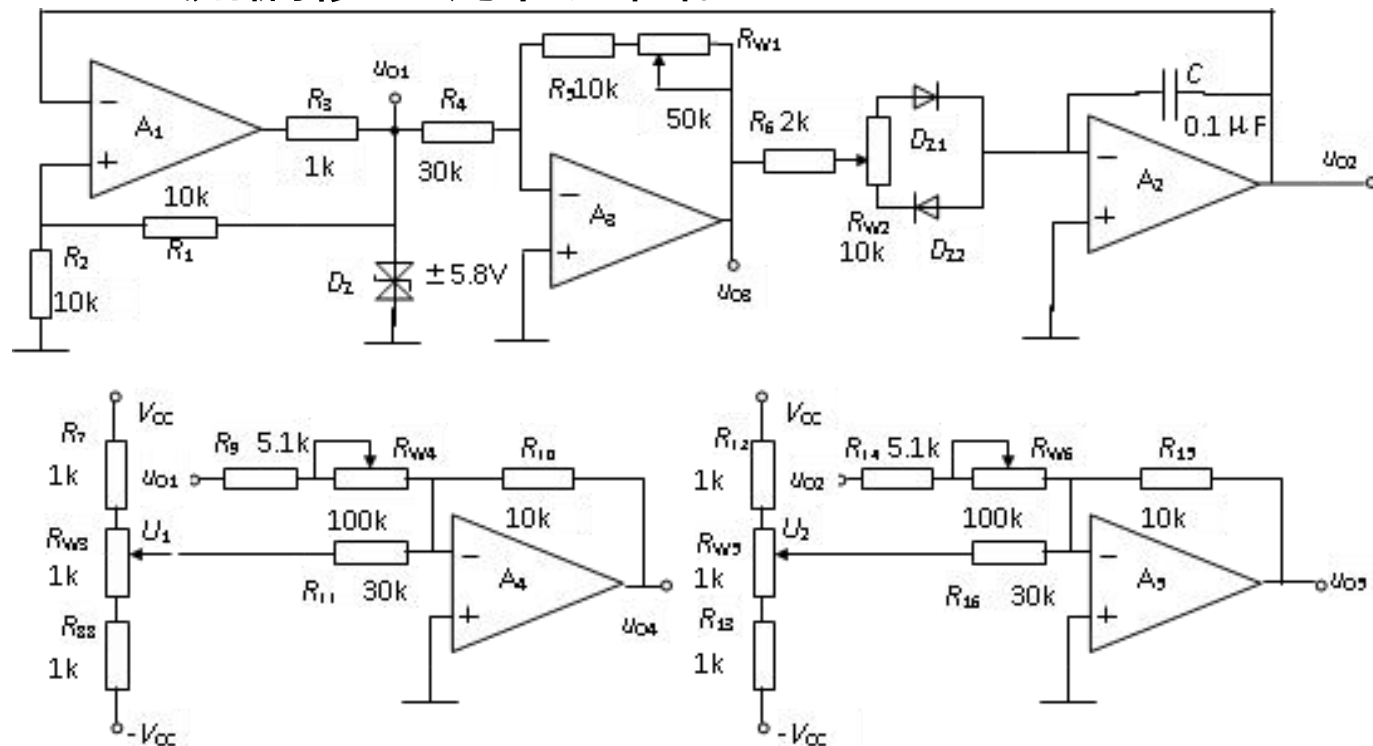


图 3.3.4 独立可调的三角波方波发生电路