



分压式偏置放大电路

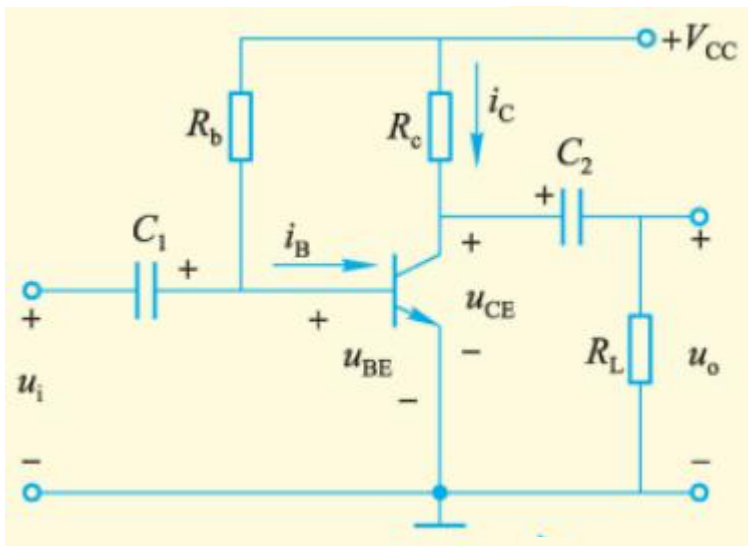
余姚市职成教中心学校

陈雅萍

三极管基本
放大电路



共射基本
放大电路



共射基本放大电路

问题：

温度发生变化



三极管参数会发生变化



静态工作点会发生漂移

静态工作点不稳定

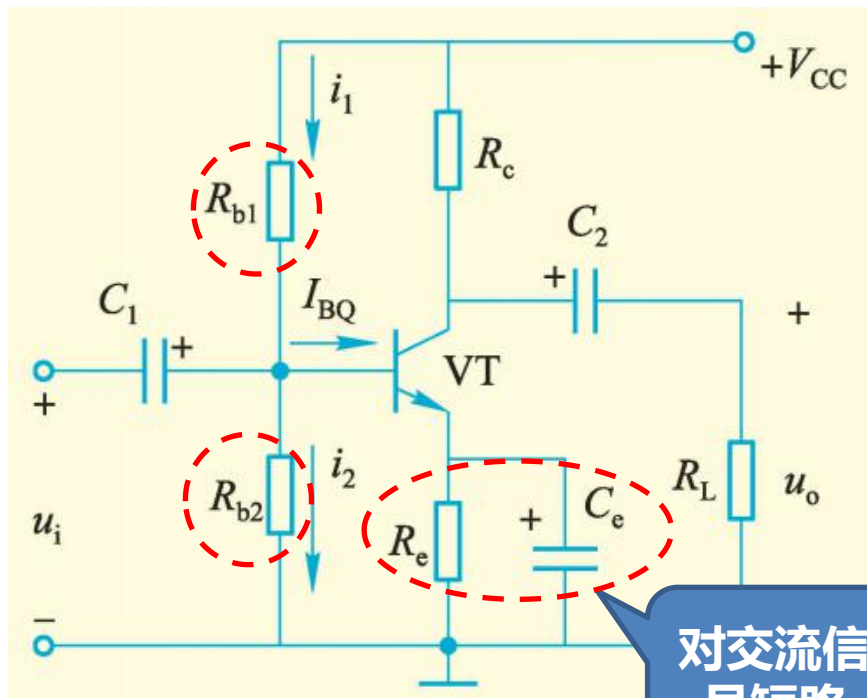
实验说明：当环境温度升高时，三极管的静态工作点发生了飘移

可以选用参数受温度影响小的三极管

但更多的是选用具有稳定工作点的放大电路——**分压式偏置放大电路**

分压式偏置放大电路

——电路构成



对交流信号短路

R_{b1}

上偏电阻

为三极管提供
基极偏置电压

R_{b2}

下偏电阻

稳定静态工
作点的作用

R_e

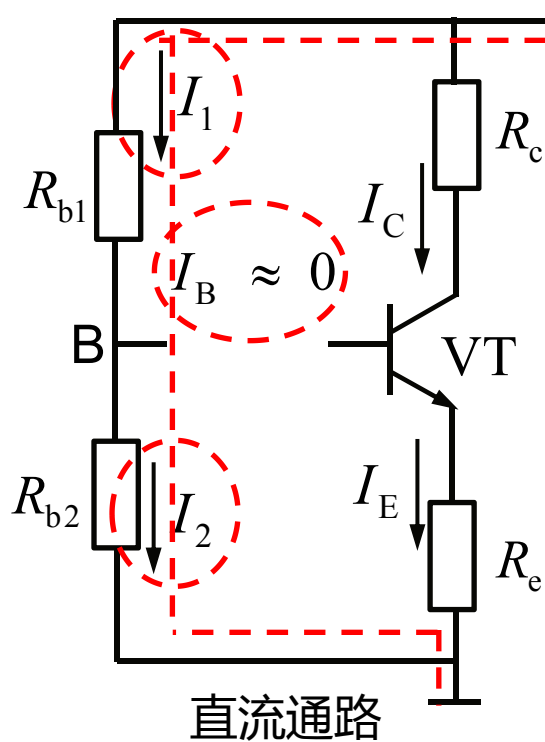
发射极电阻

C_e

射极旁路电容

分压式偏置放大电路

——稳定过程



为了稳定静态工作点，通常情况下，电路参数的选取应满足

$$I_1 \gg I_{BQ}$$

因此， $I_2 \approx I_1$ ， U_{BQ} 为

$$U_{BQ} \approx \frac{R_{b2}}{R_{b1} + R_{b2}} V_{CC}$$

与三极管
参数无关

分压式偏置放大电路

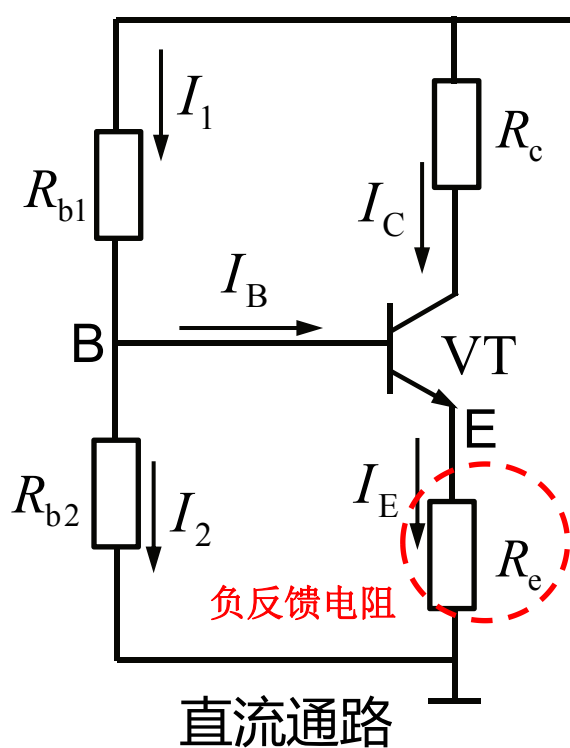
——稳定过程

不稳的原因

T (温度) \uparrow (或 $\beta \uparrow$) $\rightarrow I_{CQ} \uparrow$

当温度升高，分压式偏置放大电路稳定工作点的过程可表示为：

$I_{CQ} \uparrow \rightarrow I_{EQ} \uparrow \rightarrow U_{EQ} \uparrow \rightarrow U_{BEQ} \downarrow \rightarrow I_{BQ} \downarrow \rightarrow I_{CQ} \downarrow$

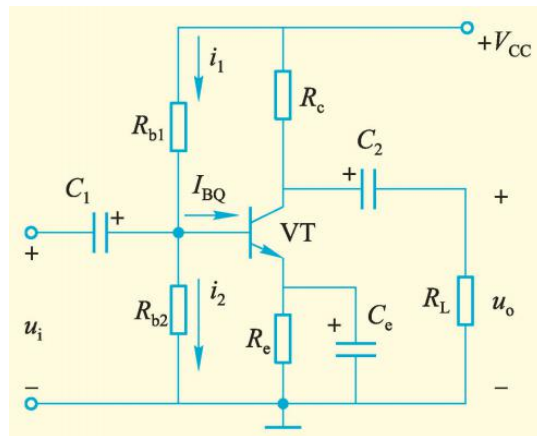


$$\begin{aligned}
 I_E \uparrow &\approx I_C \uparrow & I_B \downarrow &= \frac{U_{BE}}{r_{be}} \\
 U_E \uparrow &= I_E \uparrow R_e & I_C \downarrow &= \beta I_B \downarrow \\
 U_{BE} \downarrow &= U_B - U_E \uparrow & &
 \end{aligned}$$

不变

分压式偏置放大电路

1. 电路构成



R_{b1} 上偏电阻

R_{b2} 下偏电阻

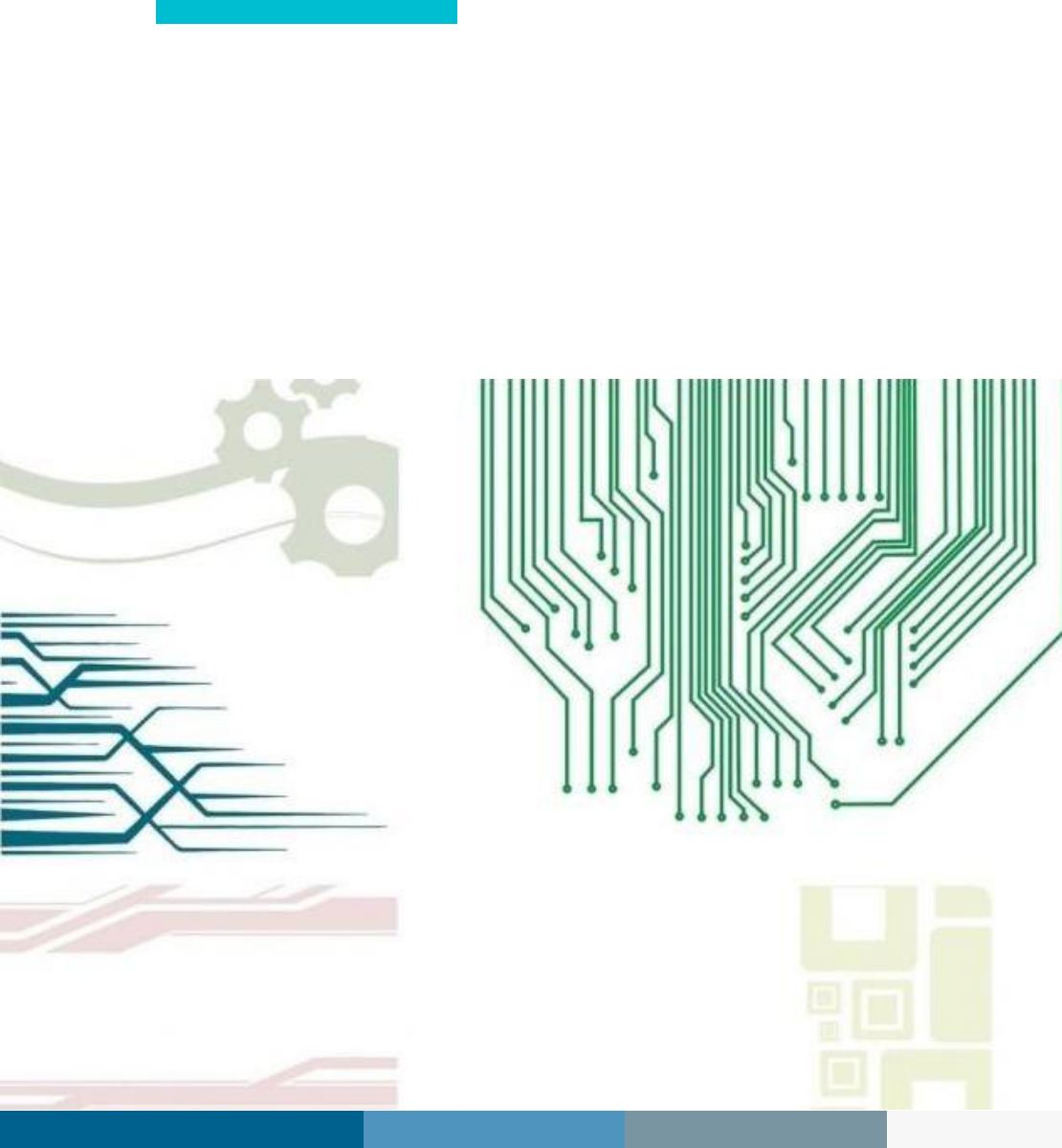
R_e 发射极电阻

C_e 射极旁路电容

2. 稳定分析

$$T \text{ (温度)} \uparrow (\text{或 } \beta \uparrow) \rightarrow I_{CQ} \uparrow$$

$$I_{CQ} \uparrow \rightarrow I_{EQ} \uparrow \rightarrow U_{EQ} \uparrow \rightarrow U_{BEQ} \downarrow \rightarrow I_{BQ} \downarrow \rightarrow I_{CQ} \downarrow$$



分压式偏置 放大电路的估算

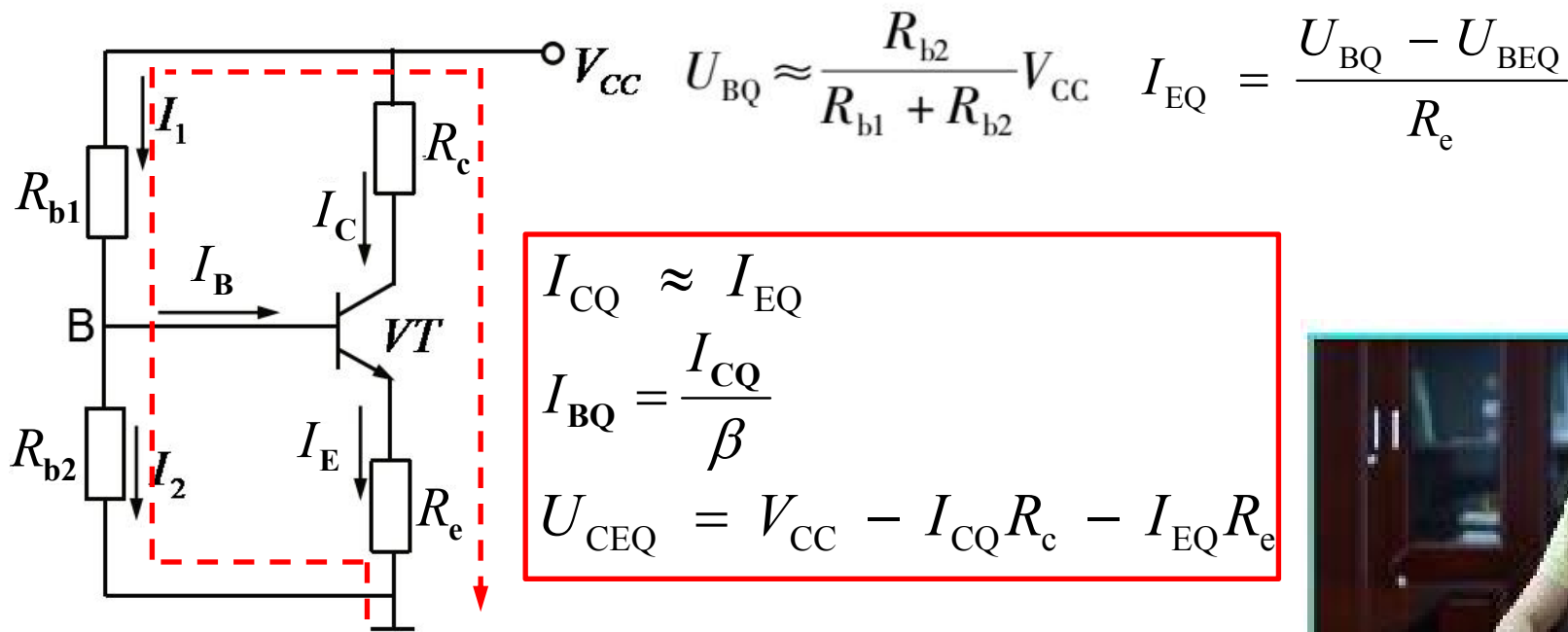
余姚市职成教中心学校
陈雅萍

分压式偏置放大电路的估算

——估算静态工作点

根据直流通路

I_{BQ} 、 I_{CQ} 、 U_{CEQ}



$$I_{CQ} \approx I_{EQ}$$

$$I_{BQ} = \frac{I_{CQ}}{\beta}$$

$$U_{CEQ} = V_{CC} - I_{CQ}R_c - I_{EQ}R_e$$

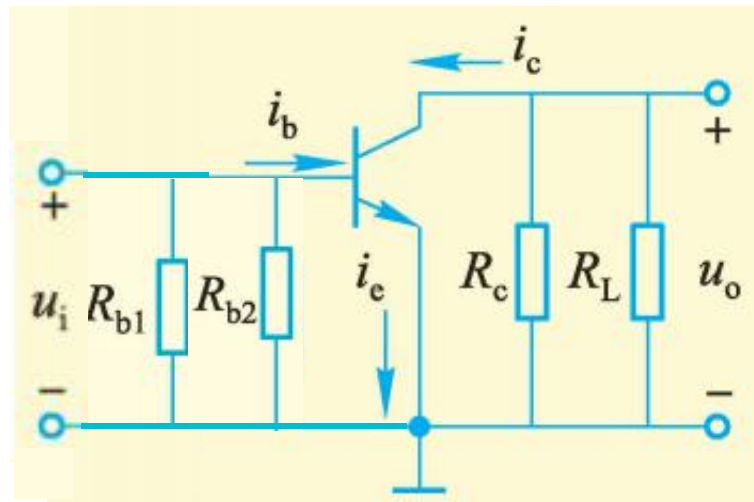
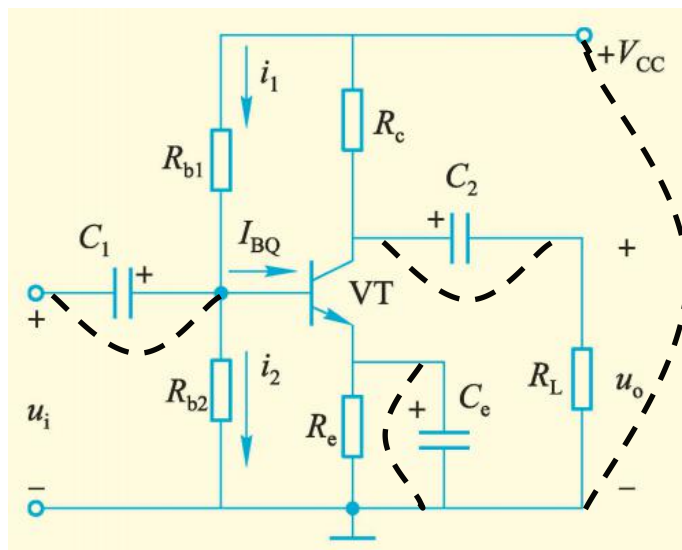


分压式偏置放大电路的估算

——估算主要性能指标

根据交流通路

A_u 、 R_i 、 R_o



交流通路

分压式偏置放大电路的估算

——估算主要性能指标

根据交流通路

A_u 、 R_i 、 R_o

r_{be} : 三极管b、e之间的输入电阻

$$r_{be} = 300 \Omega + (1 + \beta) \frac{26 \text{ mV}}{I_E}$$

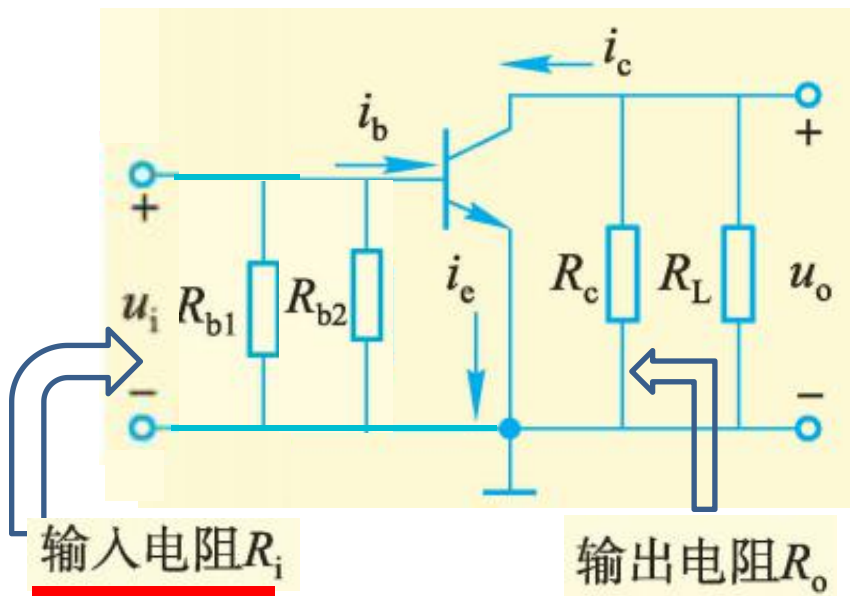
电压放大倍数：

$$A_u = -\frac{\beta R'_L}{r_{be}}$$

$$R'_L = R_c // R_L$$

$$R_i = R_{b1} // R_{b2} // r_{be}$$

$$R_o = R_c$$



分压式偏置放大电路的估算

1. 估算静态工作点 $U_{BQ} \approx \frac{R_{b2}}{R_{b1} + R_{b2}} V_{CC}$ $I_{EQ} = \frac{U_{BQ} - U_{BEQ}}{R_e}$

$$\begin{aligned} I_{CQ} &\approx I_{EQ} \\ I_{BQ} &= \frac{I_{CQ}}{\beta} \\ U_{CEQ} &= V_{CC} - I_{CQ}R_c - I_{EQ}R_e \end{aligned}$$

2. 估算主要性能指标

$$\begin{aligned} A_u &= -\frac{\beta R'_L}{r_{be}} \\ R_i &= R_{b1} // R_{b2} // r_{be} \\ R_o &= R_c \end{aligned}$$

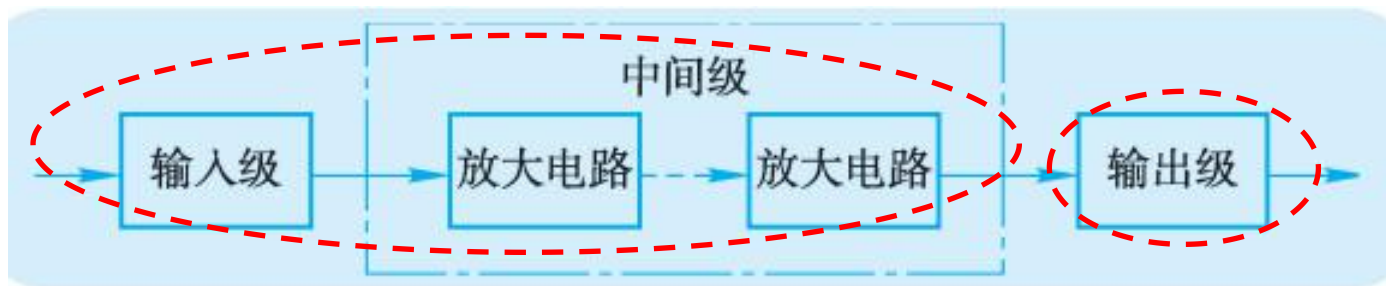




多级放大电路

余姚市职成教中心学校
陈雅萍

多级放大电路的组成



输入级和中间级的任务：**电压放大**，将微弱信号放到足够大。

输出级的任务：一般为**功率放大**，驱动负载动作。



多级放大电路的耦合方式

多级放大电路中**级与级**之间的连接称为**耦合**。**耦合方式**就是指**连接方式**。

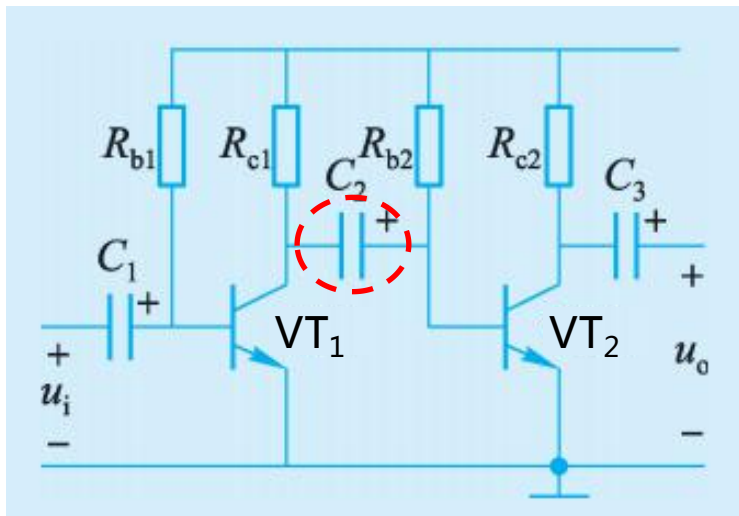
常用的耦合方式：

阻容耦合、**变压器耦合**和**直接耦合**



多级放大电路的耦合方式

——阻容耦合



连接特点：

前级放大电路的输出通过**耦合电容** C_2 与后级放大电路的输入连接起来传输交流信号。

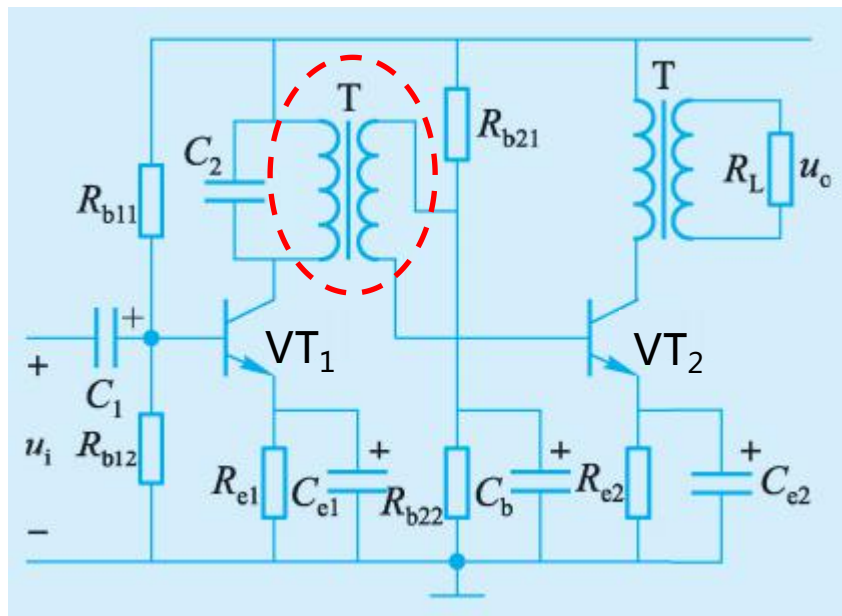
电路特点：

1. 各级电路的静态工作点各自独立，互不影响。
2. 不宜传输直流或变化缓慢的信号。



多级放大电路的耦合方式

——变压器耦合



连接特点：

前后级之间通过变压器T连接起来传输交流信号。

电路特点：

1. 各级电路的静态工作点各自独立，互不影响。

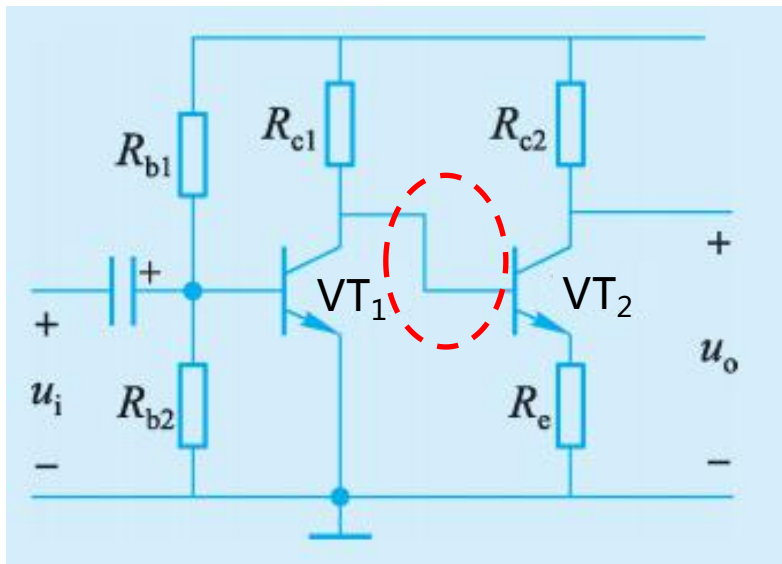
2. 不宜传输直流或变化缓慢的信号。

3. 由于变压器体积大，很难在集成电路中使用。



多级放大电路的耦合方式

——直接耦合



连接特点：

前后级之间用导线直接连接。

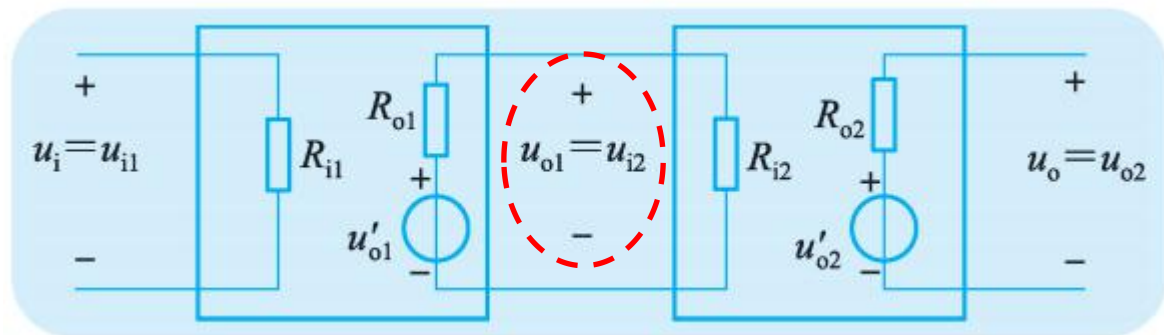
电路特点：

1. 前后级静态工作点互相牵制。
2. 含有直流分量的信号也能传输。

3. 适用于集成电路，并有良好的低频特性。



阻容耦合放大电路的分析 —— 放大倍数



两级放大电路的框图

前级放大倍数： $A_{u1} = \frac{U_{o1}}{U_{i1}}$ 后级放大倍数： $A_{u2} = \frac{U_{o2}}{U_{i2}}$

总的放大倍数：

$$A_u = \frac{U_o}{U_i} = \frac{U_{o2}}{U_{i1}} = \frac{U_{o2}}{U_{i2}} \frac{U_{i2}}{U_{i1}} = \frac{U_{o2}}{U_{i2}} \frac{U_{o1}}{U_{i1}} = A_{u1} \cdot A_{u2}$$

总放大倍数为各级放大倍数的乘积。

前一级输出信号 u_{o1}



后一级的输入信号 u_{i2}



阻容耦合放大电路的分析

——放大倍数的分贝表示法

在**工程应用**中，当放大电路的**级数增加**时，总的放大倍数**会较大**。为了方便计算和表示，往往使用**常用对数**表示放大倍数。一般将用分贝表示的放大倍数称为**增益**，用 **G** 表示。

电压增益 G_u 的折算公式： $G_u = 20 \lg A_u$

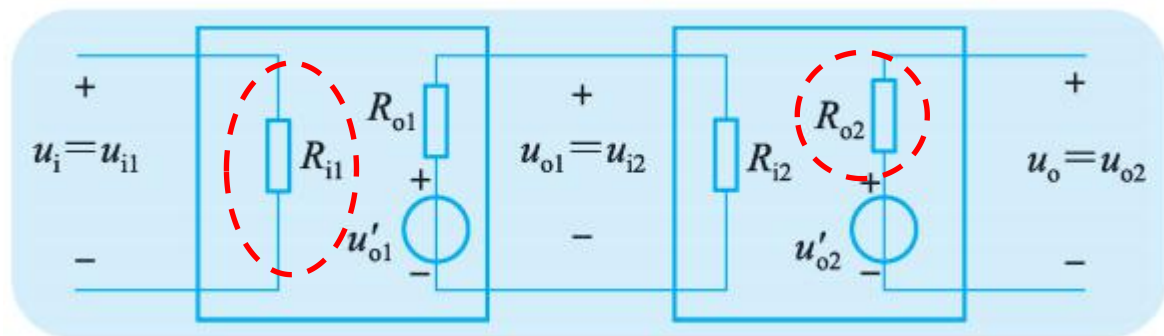
若用分贝表示，则多级放大电路的总增益为各级增益的代数和，即 $G_u = G_{u1} + G_{u2}$

部分电压放大倍数与电压增益的对应关系

电压放大倍数	10^{-2}	0.1	1	10	20	100	200	10^3	10^4
电压增益	-40dB	-20dB	0dB	20dB	26dB	40dB	46dB	60dB	80dB

阻容耦合放大电路的分析

——输入与输出电阻



两级放大电路的框图

输入电阻： $R_i = R_{i1}$

输出电阻： $R_o = R_{o2}$



多级放大电路

1.多级放大电路的耦合方式

阻容耦合：静态工作点各自独立，不通直流，不便于集成。

变压器耦合：静态工作点各自独立，不通直流，不便于集成。

直接耦合：静态工作点互相牵制，通直流，便于集成。

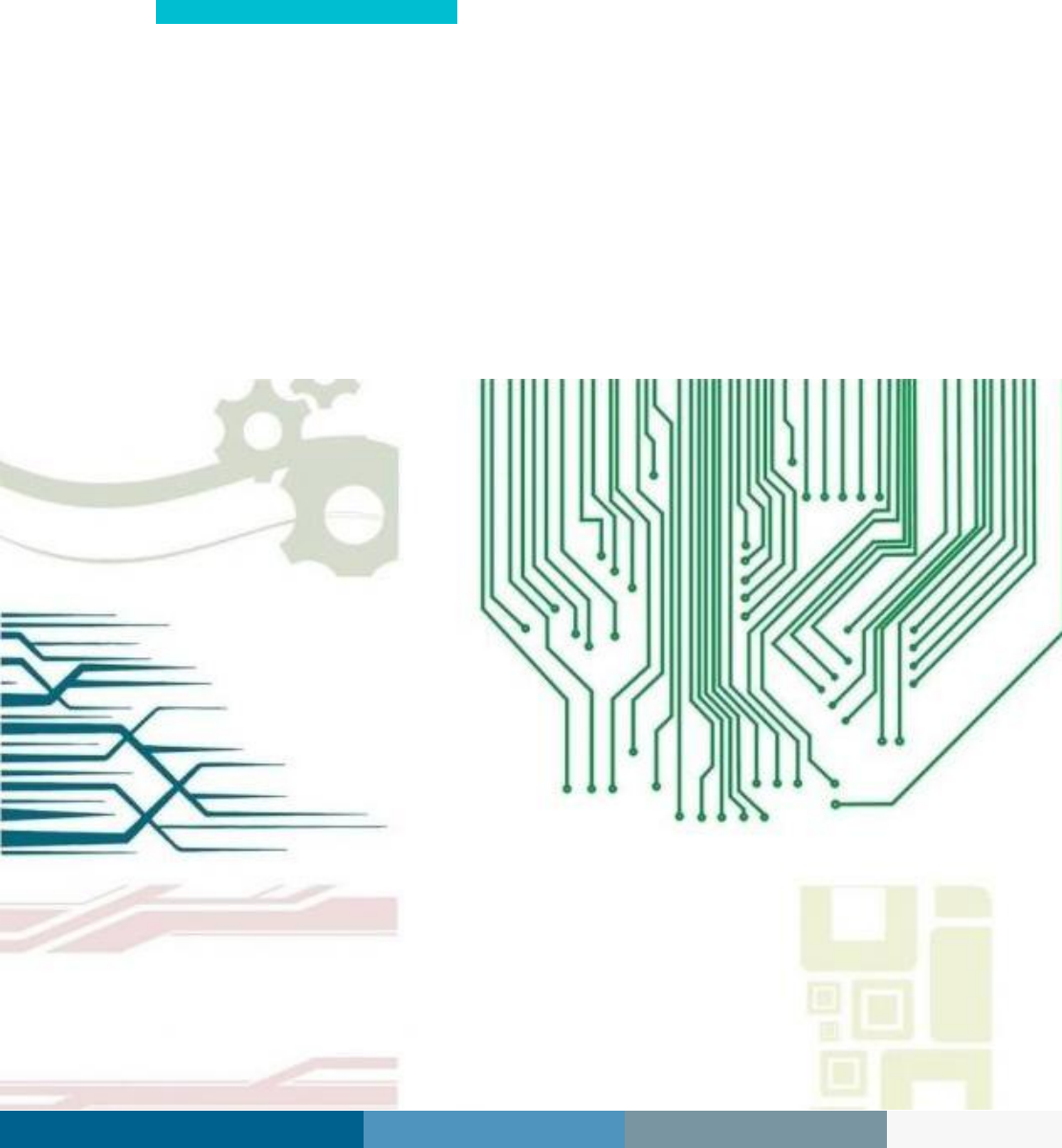
2.阻容耦合多级放大电路的分析

$$A_u = A_{u1} \cdot A_{u2} \quad G_u = G_{u1} + G_{u2}$$

$$R_i = R_{i1}$$

$$R_o = R_{o2}$$





分压式偏置 放大电路的装接

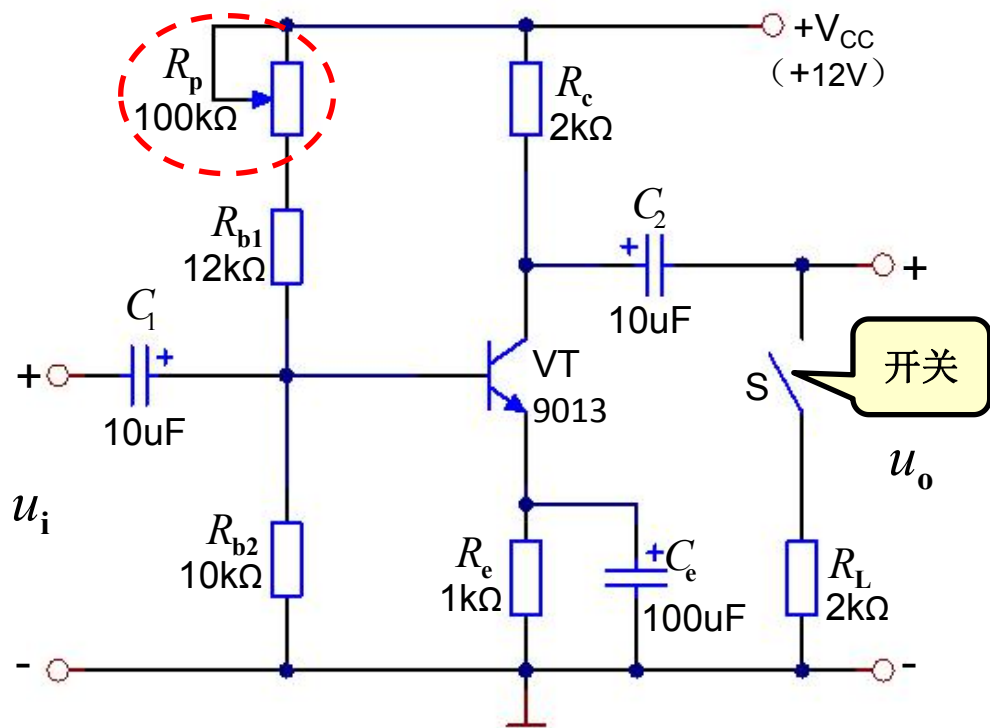
余姚市职成教中心学校
陈雅萍

任务目标:

学会在万能板上装接分压式偏置放大电路。

分压式偏置放大电路

——电路组成



分压式偏置放大电路

——元件清单

电子元器件清单

元件	名称	规格	数量
VT	三极管	9013	1
R_p	电位器	100k Ω	1
R_{b1}	电阻器	12k Ω	1
R_{b2}	电阻器	10k Ω	1
R_e	电阻器	1k Ω	1
R_c 、 R_L	电阻器	2k Ω	2
C_1 、 C_2	电容器	10uF	2
C_e	电容器	100uF	1
S	拨动开关		1

其他材料

名称	数量	备注
接线柱	2	
信号连接线	2	
电源连接线	2	
短路帽	1	

分压式偏置放大电路

——装接过程

第一步：准备材料

分压式偏置放大电路

——装接过程

第二步：元器件识别与检测

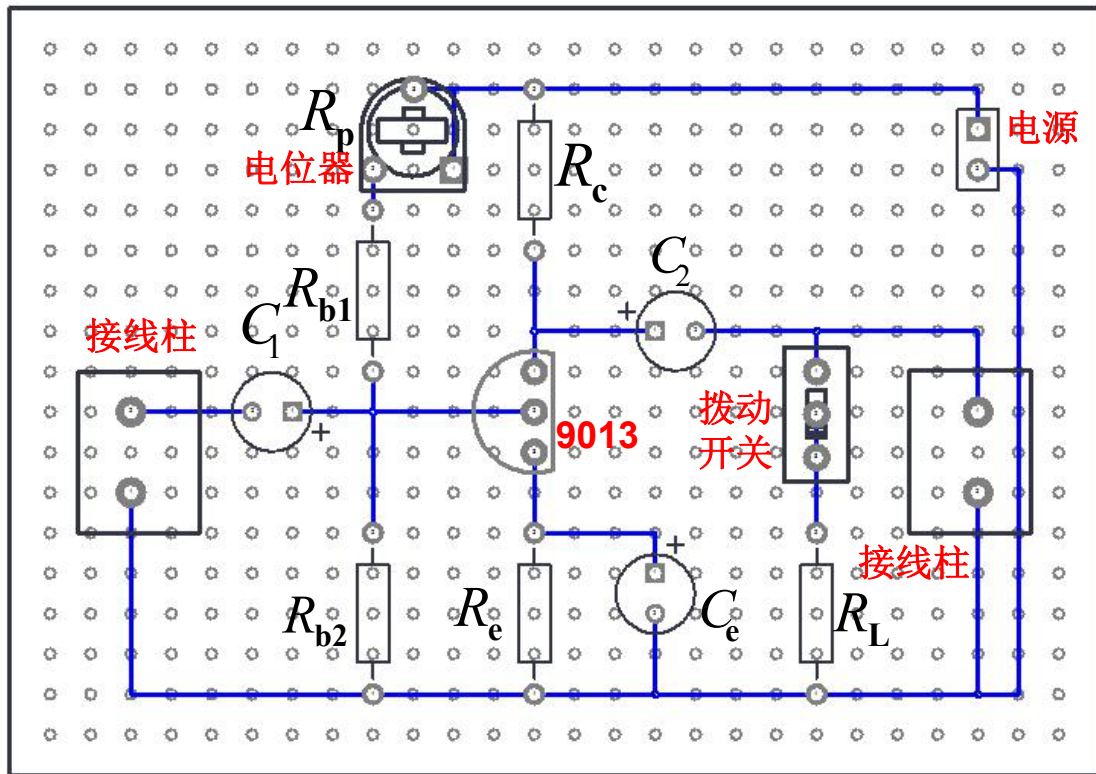
分压式偏置放大电路

——装接过程

第三步： 电路布局

分压式偏置放大电路

——装接过程(布局参考图)



分压式偏置放大电路

——装接过程

第四步：装接电路

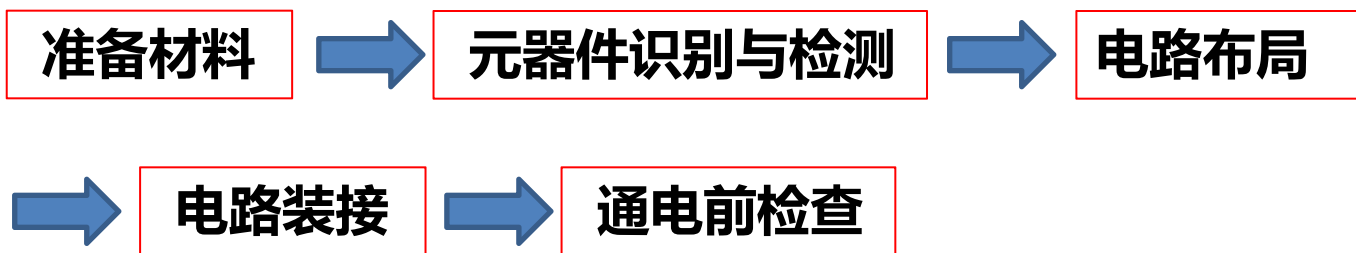
分压式偏置放大电路

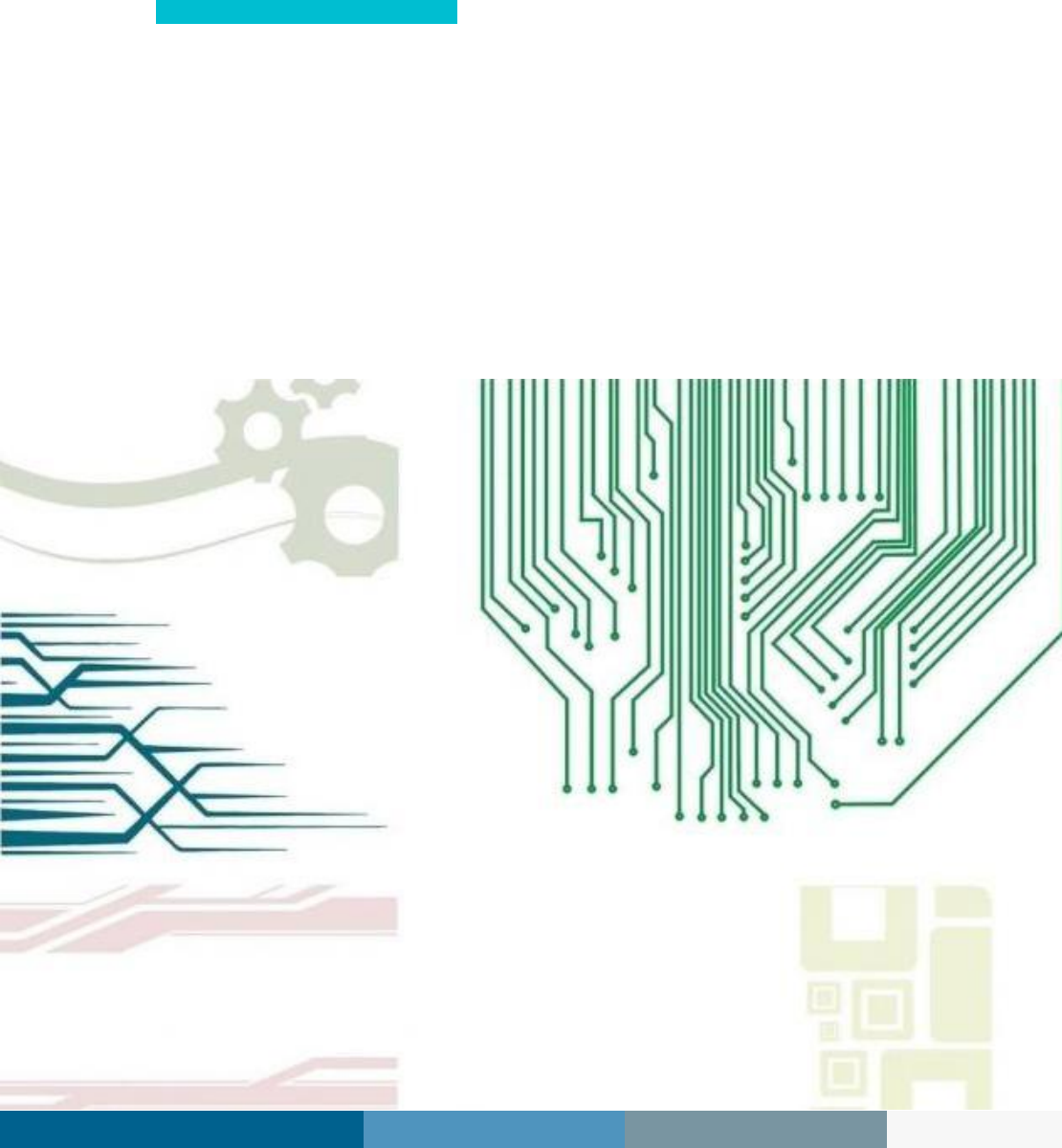
——装接过程

第五步：通电前检查

分压式偏置放大电路的装接

在万能板上的装接步骤：





分压式偏置 放大电路的测试

余姚市职成教中心学校
陈雅萍

任务目标:

1. 学会放大电路静态工作点调试与测试方法。
2. 掌握放大电路加负载与不加负载时电压放大倍数的测试方法。
3. 观察输出波形失真的情况。

分压式偏置放大电路

——静态工作点调试与测试

第一步：调试静态工作点

接通电源前，先把 R_p 调至最大，此时在无输入信号状态下。
然后接通12V电源，调节 R_p 使 $I_C=2\text{mA}$ 。

第二步：测试静态工作点

测量值 ($I_C=2\text{mA}$)		
V_B	V_E	V_C
2.63V	2.02V	8.08V

$$V_C > V_B > V_E$$

9013 : NPN型三极管
三极管处于放大状态

分压式偏置放大电路

——测量电压放大倍数

一、不接负载时，电压放大倍数测量

1. 开关S处于断开状态，即电路不接负载时的情况。
2. 在放大电路的输入端加频率为1kHz、幅度为9.9mV的正弦信号。
3. 用示波器观察输出电压 U_o 的波形并读出其峰值。

$$U_{\text{omax}} = 1.14\text{V}$$

$$\text{则 } A_u = \frac{U_{\text{omax}}}{U_{\text{imax}}} = \frac{1.14 \times 1000}{9.9} \approx 114.2$$

二、接负载时，电压放大倍数测量

1. 开关S处于闭合状态，即电路接负载时的情况。
2. 在放大电路的输入端加频率为1kHz、幅度为9.9mV的正弦信号。
3. 用示波器观察输出电压 U_o 的波形并读出其峰值。

$$U_{\text{omax}} = 580\text{mV}$$

$$\text{则 } A_u = \frac{U_{\text{omax}}}{U_{\text{imax}}} = \frac{580}{9.9} \approx 58.6$$

分压式偏置放大电路

——测量电压放大倍数

电压放大倍数测量记录表

测量项目	$U_{i\max}$	$U_{o\max}$	A_u
不接负载 R_L ($R_L=\infty$)	9.9mV	1.14V	114.2
接负载 R_L ($R_L=2k\Omega$)	9.9mV	580mV	58.6

结论：

分压式偏置放大电路输出加负载时的电压放大倍数要小于不加负载时的电压放大倍数。

分压式偏置放大电路

——观察输出波形失真的情况

饱和失真和截止失真

要使放大电路正常工作，必须针对输入信号的特点，选择**合适的静态工作点**！

分压式偏置放大电路的测试

1.放大电路静态工作点的调试与测试

2.放大电路加负载与不加负载时电压放大倍数的测试

加负载时电压放大倍数减小。

3.观察分压式偏置放大电路输出波形失真的情况

饱和失真+截止失真

静态工作点选择不合适或输入信号过大