**   **

计算机与大数据学院《电子线路综合实验》实验报告

实验时间：2025年5月18日

实验四 基本共射与共集放大电路的仿真

实验目的：

1. 了解放大电路的工作原理和理论分析方法。
2. 掌握放大电路共发射极接法和共集电极接法的结构区别、功能区别和应用区别。

3、 学习放大器静态工作点的调试方法，分析静态工作点对放大器性能的影响。

4、 掌握放大器电压放大倍数、输入电阻、输出电阻的测量方法。

实验原理：

1. 请在观看完实验原理视频后对以下两个电路进行理论分析：

|  |  |
| --- | --- |
| 第1题：电路如右图所示，本次实验采用虚拟三极管，其参数为：*U*BE=*U*CES=0.8V，*β*=100  1）该电路采用的是什么接法？  2）请求解静态工作点*Q*的相关参数；  3）请画出微变等效电路并按下式计算  4）请求解*Au*，和；  5）若希望该电路具有最大动态范围，应调整*R*B=? | 图示, 示意图  AI 生成的内容可能不正确。 |

求解过程请手写在作业纸上，先写公式后带入数据计算。请拍照截图放在下方：

文本, 信件

AI 生成的内容可能不正确。

|  |  |
| --- | --- |
| 第2题：电路如右图所示，本次实验采用虚拟三极管，其参数如下：*U*BE=*U*CES=0.8V，*β*=100  1）该电路采用的是什么接法？  2）请求解静态工作点*Q*的相关参数；  3）请画出微变等效电路，并按照以下公式计算  4）请求解*Au*，和； | 图示, 示意图  AI 生成的内容可能不正确。 |

求解过程请手写在作业纸上，先写公式后带入数据计算。请拍照截图放在下方：

文本, 信件

AI 生成的内容可能不正确。

重要说明：

注意1：本次实验使用虚拟三极管。请在元器件栏的第四个按钮“Transistors”组的“TRANSISTORS\_VIRTUAL”中选择“BJT\_NPN”。

注意2：本次实验要求静态*I*B=30μA。与实验操作说明文档的要求不同，所以即使电路图一致，所有测量值均不相同。

注意3：用测量探针或万用表读数时，需等待几秒直至数值稳定，再记录读数。

实验内容：

一、共发射极放大电路

|  |  |
| --- | --- |
| 图示, 示意图  AI 生成的内容可能不正确。  图1 共发射极电路的原理图 | 图示, 示意图  AI 生成的内容可能不正确。  图2 共发射极电路的仿真图 |

步骤1：用Multisim仿真软件画出图1的仿真电路，截图并适当缩小，放入图2的位置。

说明1：所有元件的符号标准为DIN标准；（点击“选项”-“全局偏好”-“元器件”更改）。

说明2：直流电源在“Sources”组的“POWER\_SOURCES”中选择“VCC”，将其放置在设计窗口，双击该仪器，将电压值设置为12.8V（因为虚拟三极管的*U*BE≈0.8V）。

说明3：三极管在“Transistors”组的“TRANSISTORS\_VIRTUAL”中选择“BJT\_NPN”。（该三极管的*β*值默认为100且*U*BE≈0.8V，无需设置）。

说明4：交流电源在“Sources”组的“POWER\_SOURCES”中选择“AC\_POWER”，将其放置在设计窗口，双击该仪器，将电压有效值（RMS）设置为0.02V，频率设置为1kHz。

说明5：电解电容可在“Basic”组中的“CAP\_ELECTROLIT”中任选一个将其放置在设计窗口，双击该电容，将值设置为100μF。注意电容的极性不要接反。

说明6：开关选用元器件库Basic组中的SWITCH中的DIPSW1。

说明7：接地端在元器件库的Sources组的“POWER\_SOURCES”中选“GROUND”。

步骤2：在三极管的基极B，发射极E和集电极C上放置三个测量探针。注意：探针位于最右侧仪器栏的。双击探针，选择只显示“参数”中“V(直流)”和“I(直流)”。点击仿真运行，调整*R*B2，使得*I*B=30μA。(等待几秒让测量值稳定不变)，将其他测量值填入表1，将带探针结果的电路图截图放入图3的位置。

表1 共发射极放大电路的静态参数

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *I*B | *I*C | *I*E | *V*E | *V*B | *V*C |
| 30μA | 3.00mA | 3.03mA | 0V | 0.8V | 6.8V |

步骤3：在放大电路的输入端（C1的前面）放置万用表（设置为交流电压档），调整*RS*使得万用表的读数为10mV（为了精确调节，可以双击可变电阻*RS*，将增量设置为0.01%）。调好后的*RS*的阻值即为放大电路输入电阻*ri*的大小，请将其值填入表2第一列。

步骤4：将示波器的通道A连接在us的两端（不是ui两端），通道B连接在输出端（C2的后面）。闭合开关S1，用示波器分别测量*us*和*uoL*的波形。观察放大电路对*us*的反相放大。将同时显示*us*和*uoL*的示波器显示窗口截图放入图4的位置。

说明1： 观测波形动态变化时应把示波器触发方式设置为“正常”，截图时才改为“单次”。

说明2：观测波形时，要注意设置合适的时基标度(500μs/Div)和通道刻度(V/Div)。注意：通道A和通道B的刻度值是不同的，输出信号更大。

|  |  |
| --- | --- |
| 图示, 示意图  AI 生成的内容可能不正确。  图3 共发射极电路的静态分析仿真结果  （要求显示出探针的测量结果） | 图形用户界面, 图表  AI 生成的内容可能不正确。  图4 共发射极电路的输入和输出波形截图  （通道A:50mV/Div; 通道B:1V/Div;） |

步骤5：在放大电路的输出端（C2的后面）放置万用表（设置为交流电压档），读出有载时的输出电压有效值*U*oL，并计算出电压放大倍数Au，将上述值填入表2。将显示有输入、输出万用表读数的仿真电路图截图放入图5位置

图示, 示意图

AI 生成的内容可能不正确。

图5 共发射极放大电路的有载输入电压和输出电压的测量

步骤6：将开关S1打开，用万用表（设置为交流电压档）读出空载时的输出电压有效值*U*oo，根据公式可计算出输出电阻*ro*，将上述值填入表2。

表2 共发射极放大电路的动态参数（*Us*=20mV）

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 电源内阻  *RS* | 输入电压  *Ui* |  | 输出电压（有载）*U*oL |  | 输出电压（空载）*U*oo |  |
| 0.9115kΩ | 10mV | 0.9115kΩ | 1.1V | -110 | 2.2V | 2kΩ |

步骤7：观看非线性失真的波形。把仿真电路图复制到新画板再看失真。闭合开关S1，将交流电源us的有效值设置为0.08Vrms。运行仿真，改变RB2的电阻值，可观察到三种失真情况，请将波形截图填入表3中。

注意：每次改变RB2的阻值，请重新仿真。每次开启仿真后，示波器都先选择“正常”触发，等静态工作点的*I*B稳定后，再改为“单次”触发，并进行截图。

表3 共发射极放大电路的非线性失真

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| S1闭合，*U*s=0.08V | 输入输出波形截图（只需要截波形界面） | 请填写失真类型 |
| RB2的滑动条处于5%  *I*B约为96μA | 图表  AI 生成的内容可能不正确。 | 饱和失真 |
| RB2的滑动条处于95%  *I*B约为21μA | 图表, 折线图  AI 生成的内容可能不正确。 | 截止失真 |
| RB2的滑动条处于40%  *I*B约为40μA | 图表, 折线图  AI 生成的内容可能不正确。 | 双失真 |

显示上述波形时的示波器参数设置截图如下：

图形用户界面, 应用程序

AI 生成的内容可能不正确。

二、共集电极放大电路

|  |  |
| --- | --- |
| 图示, 示意图  AI 生成的内容可能不正确。  图6 共集电极电路的原理图 | 图示, 示意图  AI 生成的内容可能不正确。  图7 共集电极电路的仿真图 |

步骤1：用Multisim仿真软件画出图6的仿真电路，截图并适当缩小，放入图7的位置。

说明1：所有元件的符号标准为DIN标准；（点击“选项”-“全局偏好”-“元器件”更改）。

说明2：为了方便与共射接法进行性能比较，请把交流电源*us*设置为电压有效值0.02V，频率为1kHz。可变电阻*Rs*的滑动条必须设置为和共射电路一致（即按照表2第一列设置内阻值）。

步骤2：在三极管的基极B，发射极E和集电极C上放置三个测量探针。双击探针，选择只显示“参数”中“V(直流)”和“I(直流)”。点击仿真运行，调整*R*B2，同样使得*I*B=30μA(等待几秒让测量值稳定不变)。将其他测量值填入表4，将带探针结果的电路图截图放入图8的位置。

表4 共集电极放大电路的静态参数

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *I*B | *I*C | *I*E | *V*E | *V*B | *V*C |
| 30μA | 3.00mA | 3.03mA | 6.06V | 6.86V | 12.8V |

|  |  |
| --- | --- |
| 图示, 示意图  AI 生成的内容可能不正确。  图8 共集电极电路的静态分析仿真结果  （要求显示出探针的测量结果） | 图表, 折线图  AI 生成的内容可能不正确。  图9 共集电极电路的输入和输出波形  （通道A:20mV/Div; 通道B:20mV/Div;） |

步骤3：将开关S1闭合，在放大电路的输入端（C1的前面）放置万用表（设置为交流电压档），测量在与共射接法相同电源和内阻*R*s作用下，共集电极电路采集到的有载输入电压*Ui*1。相比于共射接法在相同条件下只能采集到10mV的输入电压，可证明共集接法具有较大的输入电阻。请计算出有载时的输入电阻*ri*1，并将上述值填入表5中。

步骤4：将开关S1打开，测量在相同电源和内阻作用下，共集电极电路采集到的空载输入电压*Ui*2。计算有载/空载时的输入电阻：有载时；空载时。将计算值填入表5中。可证明共集接法的输入电阻*ri*受负载RL的影响。

表5 共集电极放大电路的输入电阻（*Us*=20mV，*Rs*与表2第一列相同）

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 电源内阻*Rs* | 有载输入电压*Ui*1 | 有载输入电阻*ri*1 | 空载输入电压*Ui*2 | 空载输入电阻*ri*2 |
| 0.9115kΩ | 19.732mV | 67.11kΩ | 19.819mV | 99.8kΩ |

步骤5：将开关S1闭合，用示波器分别测量*us*和*uoL*的波形。观察放大电路对*us*的同相跟随。将同时显示*us*和*uoL*的示波器显示窗口截图放入图9的位置。

说明1：由于输入波形和输出波形几乎重合，为了方便观测，可以把通道A的位移上移1格，通道B的位移下移1格。

说明2：观测波形时，要注意设置合适的时基标度(500μs/Div)和通道刻度(20mV/DIV)。注意：通道A和通道B的刻度值是相同的，因为共集接法是没有电压放大能力的。

步骤6：将开关S1闭合，在放大电路的输出端（C2的后面）放置万用表（设置为交流电压档），开启仿真，读出有载时的输出电压有效值*U*oL。将显示有输入、输出万用表读数的仿真电路图截图放入图10的位置。计算电压放大倍数Au，并将上述值填入表6中。

图示

AI 生成的内容可能不正确。

图10 共集电极放大电路的有载输入电压和输出电压的测量

步骤7：测量时的输出电阻。将开关S1打开，用万用表（设置为交流电压档）读出空载时的输出电压有效值*U*oo，计算出输出电阻*ro*，将上述值填入表6。

表6 共集电极放大电路的放大倍数和输出电阻（*R*L=2kΩ）

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 有载输入电压*Ui*1 | 有载输出电压*U*oL |  | 空载输出电压*U*oo |  |
| 19.732mV | 19.565mV | 0.99 | 19.735mV | 17.378Ω |

步骤8：测量时的输出电阻。将可变电阻Rs的滑动条置为0%，闭合开关S1，开启仿真，利用输出端万用表测量有载输出电压的有效值=（19.83）mV。打开开关S1，开启仿真，测量空载输出电压的有效值=（19.914）mV。根据公式计算出输出电阻=（8.47）Ω。

实验讨论：

将基本共射和共集放大电路的动态参数实验结果汇总填写到表7中，并回答以下问题：

表7 放大电路两种接法的性能比较

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | 电压放大倍数Au | 输入电阻*ri* | 输出电阻*ro* |
| 共发射极放大电路  （交流信号B入C出） | -110 | 0.9115kΩ | 2kΩ |
| 共集电极放大电路  （交流信号B入E出） | 0.99 | 67.11 kΩ（有载）  99.8 kΩ（空载） | 17.378Ω（）  8.47Ω（） |

实验讨论：

请根据共发射极放大电路的实验结果回答以下问题：

1. 根据表1可知三极管处于什么状态？为什么？三极管三个电极电流存在什么关系？

放大；为IB=30μA，IC≈3mA，且VC>VB>VE，满足放大状态的偏置条件；IE = IC + IB。

2. 共发射极放大电路的输入电压和输出电压有什么关系？

反相放大

3. 当输入电压合适时，放大电路出现截止失真或饱和失真的原因分别是什么？应如何调整基极电阻来解决上述失真？

截止失真因为IB过小导致三极管不导通，饱和失真则因IB过大使三极管进入饱和区。应调整基极电阻RB2，使IB保持在合适范围，稳定在放大区。

4. 如何理解静态工作点不合适时不一定会失真，而静态工作点合适也可能会发生失真？

截止失真由于IB过小导致三极管不导通，饱和失真则因IB过大使三极管进入饱和区。应调整基极电阻RB2，使IB保持在合适范围，稳定在放大区。

5. 根据表7可知基本共发射极放大电路有什么缺点？它在多级放大电路中的主要用途是什么？

输入电阻较小、输出电阻较大，且存在相位反转。常用于第一级放大或中间级放大，主要提供电压增益。

6. 共射接法和共集接法在电路结构上有什么区别？

共射接法输出取自集电极，有电压放大功能；共集接法输出取自发射极，不放大电压，但输入电阻大、输出电阻小。

7. 共集电极放大电路的输入电压和输出电压有什么关系？

输出电压与输入电压同相，幅度几乎相等（Au ≈ 1），主要起缓冲作用，不提供显著电压放大。

8. 请从计算公式的角度解释为什么共集电极放大电路有载时的输入电阻小于空载时的输入电阻？

有载时负载电阻RL并联在输入路径上，等效输入电阻减小；空载时RL趋于无穷大，输入电阻最大。

9. 请从计算公式的角度解释为什么共集电极放大电路在时的输出电阻小于时的输出电阻？

ro ≈ re//RL，当RL存在时，ro减小；RL=∞时，输出电阻等于re，最大。

10. 相比共射电路，共集电极放大电路的优点是什么？它在多级放大电路中的主要用途是什么？

输入电阻高、输出电阻低、无相位反转。常用于最后一级或缓冲级，起阻抗匹配和信号隔离作用。

实验小结：（可总结收获、所犯错误，解决方案、心得体会等）

通过本次电子线路综合实验，我对共射与共集放大电路有了更深入的理解。实验中，我掌握了静态工作点的调试方法，学会了使用Multisim软件搭建电路并测量参数，还分析了两种电路的性能特点。共射电路的电压放大能力强，但输入输出电阻不理想；共集电路则输入电阻高、输出电阻低，适合阻抗匹配。实验过程中，我遇到了一些问题，比如失真观察和输入电阻测量，但通过调整参数和分析原因，最终都得到了解决。这次实验不仅巩固了我的理论知识，还提升了我的动手能力和问题解决能力，让我更加明白理论与实践结合的重要性。