**   **

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25日

实验五 分压偏置共射放大电路

实验目的：

1. 进一步理解放大电路的工作原理和理论分析方法。
2. 了解并联旁路电容对分压偏置共射放大电路动态性能指标的影响。

3、 进一步熟练放大电路静态工作点的调试方法和各项性能指标的测量方法。

4、 了解放大电路通频带的概念和测量方法，学习波特测试仪的使用。

实验原理：

1. 请在观看完实验原理视频后回答以下问题：

|  |  |
| --- | --- |
| 电路如右图所示，请写出详细的解题步骤。  本次实验采用虚拟三极管，其参数如下：*U*BE=*U*CES=0.8V，=40Ω，*β*=100  1. 该电路采用什么接法？共发射极or共集电极  2. 该电路的直流通路有什么特点和好处？  3. 请用精算法求解静态工作点Q的相关参数。  4. 当*S*打开时，画出微变等效电路，求，和，  其中。  5. 当*S*闭合时，请重新求解此时的，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，**所有计算请保留到小数点后2位。**

请拍照截图放在下方：

文本, 信件

AI 生成的内容可能不正确。

实验内容

重要说明：本次实验为了保证实验效果，仍然采用虚拟三极管。但是由于仿真软件中的虚拟三极管过于理想（不存在极间电容，无法观测通频带的高频区），需要对其参数做出一些调整。

调整方法：

1、在“Transistors”组的“TRANSISTORS\_VIRTUAL”中选择“BJT\_NPN”放置在设计窗口。

2、双击该器件→值→编辑模型→双击“CJE(B-E零偏压耗尽层电容)”和“CJC(B-C零偏压耗尽层电容)”的值，将其设置为10pF→更改元器件→确认。（具体操作详见实验操作说明文档）

1. 测量静态参数

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，放在图2的位置。

|  |  |
| --- | --- |
| 图示, 示意图  AI 生成的内容可能不正确。  图1 分压偏置共射电路的原理图 | 图示, 示意图  AI 生成的内容可能不正确。  图2 分压偏置共射电路的仿真图 |

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12V。

说明3：三极管在“Transistors”组的“TRANSISTORS\_VIRTUAL”中选择“BJT\_NPN”。（注意一定要用按实验操作说明文档的第一页，编辑模型参数，并确定更改）。

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10kHz。

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：开关请选用元器件库Basic组中的SWITCH中的DIPSW1，不用SPST。

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*B1（为了精确调节，可双击*R*B1，将增量设置为1%），使得*I*B=20μA（须等待几秒让数值稳定，并重复开启仿真进行验证）。将测量值填入表1，将带探针结果的电路图截图放在图3的位置。

表1 分压偏置共射电路的静态参数

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *I*B | *I*C | *I*E | *V*E | *V*B | *V*C |
| 20μA | 2.00mA | 2.02mA | 2.02V | 2.81V | 6.00V |

|  |  |
| --- | --- |
| 图示, 示意图  AI 生成的内容可能不正确。  图3 静态参数测量结果截图（要求*I*B=20μA）  （要求显示出探针的测量结果） | 图示  AI 生成的内容可能不正确。  图4 无旁路电容时电路的输入输出波形  （通道A和B的刻度均设为10mV/Div） |

二、测量无旁路电容作用的动态参数（*RE*对交流起作用）

步骤1：打开开关S2（即断开旁路电容），闭合S1（有载）。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，可双击*RS*，先将增量设置0.01%）。请将电源内阻*RS*的阻值和输入电压有效值填入表2，并计算输入电阻*ri*的大小。

步骤2：用示波器分别测量*ui*（C1的前面）和*uoL*（C2的后面）的波形。观察放大电路对*ui*的反相放大。将同时显示*ui*（不是*us*）和*uoL*波形（有载）的示波器显示窗口截图，放在图4的位置。

说明1：先将示波器触发方式设置为“正常”观测波形动态变化，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(50μs/DIV)和通道刻度(V/DIV)。注意：通道A和通道B的刻度值是相同的，输出电压只略大于输入电压（说明此时电压放大倍数很小）。

步骤3：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。

步骤4：将开关S1打开，用万用表读出空载时的输出电压有效值*U*oo，并计算出输出电阻*ro*，将上述值填入表2。

表2 无旁路电容作用时电路的动态参数（S2打开，*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 |  |
| 7.014kΩ | 10mV | 7.014kΩ | 14.663mV | -1.466？ | 29.327mV | 3kΩ |

说明：为了后续计算的精确，请将Au值保留到小数点后三位。

步骤5：闭合开关S1（有载），在右侧仪器栏中选择第6个仪器“波特测试仪”，并将其IN通道正端放在输入端（C1左侧），OUT通道正端放在输出（C2右侧），两个通道的负端均接地，请将连好的电路图截图放入图5的位置。

图示, 日历

AI 生成的内容可能不正确。

图5 分压偏置共射电路的动态测量图（含示波器、波特仪）

步骤6：有载状态下，双击波特仪，将“模式”设置为“幅值”；“水平”设置为“对数”、I和F分别设置为100mHz和1GHz；“垂直”设置为“对数”、I和F分别设置为0dB和5dB；点击“反向”按钮将显示区的底色改为白色。点击仿真运行，可观测该电路的幅频特性曲线。

从曲线显示窗口最左边拖拽出一条光迹线，右击打开快捷菜单，选择“设定X轴值”，然后输入“10k”后点击“确认”按钮，光迹线会自动移动到*f*=10kHz处，从曲线的下方读出对应的纵轴值为（ 3.325 ）dB，请将此时的波特仪界面（含*f*=10kHz的测量结果）截图放入图6的位置。计算表2第5列转换的分贝值*Au* (dB)= 20lg≈（ 3.323 ）dB，两者应基本一致。

图形用户界面, 图表

AI 生成的内容可能不正确。

图6 无旁路电容时电路的幅频曲线（含*f*=10kHz的测量结果和设置界面）

步骤7：测量低频截止频率，右击光迹线打开快捷菜单，选择“set Y value”，然后输入图6中*f*=10kHz对应的分贝值-3dB的差值（ 0.325 ）dB后点击“确认”按钮，光迹线会自动移动到对应的分贝处，从曲线的下方即可读出低频截止频率。将光迹线测量*f*L时的波特仪显示界面截图（只需要截曲线及其下面的读数，不需要截波特仪的设置区）放入表3中。

然后测量高频截止频率，首先将光迹线拖拽到中频区，然后右击光迹线打开快捷菜单，选择“set Y value”， 输入与测量时同样的分贝值后点击“确认”按钮，光迹线会自动移动到对应的分贝处，从曲线的下方即可读出高频截止频率。将光迹线测量*f*H时的波特仪显示界面截图（只需要截曲线及其下面的读数，不需要截波特仪的设置区）放入表3中，并计算出通频带*f*BW=*f*H-*f*L≈*f*H。

表3 无旁路电容作用的分压偏置共射电路的通频带*f*BW=*f*H-*f*L≈*f*H=（188.733）MHz

|  |  |
| --- | --- |
| 下限截止频率*f*L=（383.683）mHz | 上限截止频率*f*H=（188.733）MHz |
| 光迹线测量结果截图如下  图表, 折线图  AI 生成的内容可能不正确。 | 光迹线测量结果截图如下  图表, 折线图  AI 生成的内容可能不正确。 |

三、测量有旁路电容作用的动态参数（*RE*对交流不起作用）

步骤1：闭合开关S2，闭合S1（有载）。点击仿真运行，可发现静态参数没有任何变化。

步骤2：不要改变*Rs*，直接双击输入端的万用表，读出此时的输入电压有效值，填入表4，并计算输入电阻*ri*的大小。

步骤3：用示波器分别测量*ui*和*uoL*的波形。观察放大电路对*ui*的反相放大。将同时显示*ui*和*uoL*波形的示波器显示窗口截图放入图7的位置。

说明1：先将示波器触发方式设置为“正常”观测波形动态变化，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(50μs/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，输出电压比输入电压大很多，因为交流信号无负反馈时电压放大倍数的数值较大。

图表

AI 生成的内容可能不正确。

图7 有旁路电容时电路的输入输出波形（通道A设为10mV/Div；通道B设为200mV/Div；）

步骤4：双击输出端的万用表，读出有载时的输出电压有效值*U*oL和空载时的输出电压有效值*U*oo。注意：此时万用表一直在波动，这是因为没有交流负反馈后，的稳定性会较差，读数可取中间值。最后计算出电压放大倍数Au和输出电阻*ro*，将上述值填入表4。

表4 有旁路电容作用时电路的动态参数（S2闭合，*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 |  |
| 与表2的*RS*一致 | 2.728mV | 1.108kΩ | 314.760mV | -115.381 | 627.956mV | 2.985kΩ |

说明：为了后续计算的精确，请将Au值保留到小数点后三位。

步骤5：闭合开关S1和S2，有载状态下，利用波特仪测量此时的幅频特性曲线。因为无负反馈时的|Au |较大，所以水平和垂直分别改为100mHz~10GHz和0dB~50dB。改完参数后再开启仿真，从曲线显示窗口最左边拖拽出一条光迹线，右击打开快捷菜单，选择“设定X轴值”，然后输入“10k”后点击“确认”按钮，光迹线会自动移动到*f*=10kHz处，从曲线的下方读出对应的纵轴值为（ 41.289 ）dB，请将此时的波特仪界面（含*f*=10kHz的测量结果）截图放入图8的位置。计算表4第5列转换的分贝值*Au* (dB)= 20lg≈（ 41.243 ）dB，两者应基本一致。

图表, 折线图

AI 生成的内容可能不正确。

图8 有旁路电容时电路的幅频曲线（含*f*=10kHz的测量结果和设置界面）

步骤6：将图8中*f*=10kHz时的分贝值减去3dB，根据该值找到低频截止频率*f*L和高频截止频率*f*H。分别将光迹线测量*f*L和*f*H时的波特仪显示界面截图（只需要截曲线及其下面的读数，不需要截波特仪的设置区）放入表5，并计算出通频带*f*BW=*f*H-*f*L≈*f*H。

技巧：右击光迹线，可设置“设定X轴值”、“set Y value”和“set Y value”的具体值。光迹线会自动移动到所设值的位置，从曲线的下方即可读出对应的频率值或分贝值。

表5 有旁路电容作用的分压偏置共射电路的通频带*f*BW=*f*H-*f*L≈*f*H=（18.299）MHz

|  |  |
| --- | --- |
| 下限截止频率*f*L=（127.41）Hz | 上限截止频率*f*H=（18.299）MHz |
| 光迹线测量结果截图如下  图表, 折线图  AI 生成的内容可能不正确。 | 光迹线测量结果截图如下  图表, 折线图  AI 生成的内容可能不正确。 |

实验讨论：

请将有/无旁路电容作用的动态参数实验结果汇总填写到表6中，并回答以下问题：

表6 有/无旁路电容作用的动态参数比较

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 动态性能指标 | 无旁路电容作用的电路  （ *R*E对交流有负反馈） | 有旁路电容作用的电路  （ *R*E对交流无负反馈） | 结论：  *R*E带来的负反馈若对交流信号起作用，则会使得变（小），但误差变（小），变（大），通频带变（宽）。 |
| 电压放大倍数Au | -1.466 | -115.381 |
| 输入电阻 | 7.014kΩ | 1.108kΩ |
| 输出电阻 | 3kΩ | 2.985kΩ |
| 通频带 | ≈ 188.733 MHz | ≈ 18.299MHz |

1. 在相同*U*s和*R*S的情况下，表4的*Ui*小于表2的*Ui*，该现象说明了什么？造成该现象的原因是什么？

说明旁路电容断开时，交流信号受到发射极电阻RE的负反馈作用，导致输入电压降低。原因是RE对交流信号形成电压串联负反馈，反馈电压与输入电压相减，降低了输入信号幅度。

2. 通频带衡量了放大电路的什么能力？它是越宽越好还是越窄越好？

衡量放大电路对不同频率信号的放大能力。通频带并不是越宽越好，也不是越窄越好，而是要根据实际应用需求来确定。对于需要处理较宽频率范围信号的电路，通频带宽一些更好；而对于特定频率信号的放大电路，通频带窄一些可以提高选择性和稳定性。

3. 在通频带中，因输入交流电压的频率*f*过大或者过小造成电压放大倍数数值下降的主要原因分别是什么？

过小时，电压放大倍数下降的主要原因是电路中的电容等元件对低频信号的阻抗较大，导致信号在传输过程中损耗增加。过大时，由于电路中的电感、电容等元件的寄生参数以及器件的频率特性限制，使得信号在高频段受到衰减。

4. 本次实验为什么是根据*f*=10kHz的分贝减去3dB后的差值去找上下限截止频率?

在放大电路的幅频特性曲线中，通常以中频区的增益（如10kHz处的增益）下降3dB作为截止频率的定义标准。通过这种方式可以更准确地确定放大电路的有效工作频率范围。

5. 当旁路电容断开时，发射极电阻*R*E对哪些信号起负反馈作用？它所带来的性能改善有哪些？

负反馈作用。稳定静态工作点、降低输入电阻、减小非线性失真等。

实验小结：（可总结收获、所犯错误，解决方案、心得体会等）

通过本次实验，我深入理解了分压偏置共射放大电路的工作原理及旁路电容对电路性能的影响。掌握了静态工作点调试和动态参数测量方法，也学会了使用波特仪分析幅频特性。实验中发现参数设置不准确会影响测量结果，今后需更加细致严谨。