

浙江大学实验报告

姓名：胡东东 专业：信息工程 学号：3240102873

课程名称：信息与电子工程导论 任课老师：回晓楠

实验名称：基于 Multisim 的三极管特性仿真 实验日期：2025 年 12 月 15 日

1 实验目的和要求

1.1 实验目的

- 掌握三极管放大电路静态工作点估算与仿真，理解静态工作点对放大性能的影响；
- 学习使用 Multisim 虚拟仪器，掌握三极管输出特性曲线的测试与分析方法；
- 观察共射极放大电路的输入输出波形，计算电压放大倍数，比较理论与仿真结果；

1.2 实验要求

- 完成共射极放大电路的 Multisim 仿真搭建；
- 使用估算法计算静态工作点，并在仿真中接入万用表进行实测，对比分析；
- 使用虚拟 IV 测试仪测量三极管的输出特性曲线簇，标注静态工作点位置，理解放大区、饱和区、截止区的含义；
- 接入示波器观察输入与输出波形，测量电压放大倍数；

2 实验原理

(1) 三极管放大电路基本原理：

共射极放大电路是一种基本放大电路，三极管工作在放大区时，基极输入的小信号电流经放大后在集电极输出较大电流信号，静态工作点是电路在无输入信号时的直流工作状态，决定了三极管的放大区域和线性放大范围。合适的 Q 点应位于输出特性曲线的放大区中部，以避免失真。

(2) 三极管输出特性曲线：

输出特性曲线表示在固定基极电流 I_B 下，集电极电流 I_C 与 V_{CE} 的关系，包括三个区域：

- 截止区： $I_B \leq 0$ ，无放大作用；
- 放大区： $I_C \approx \beta I_B$ ，适合放大；
- 饱和区： V_{CE} 很小， I_C 受 V_{CE} 控制，失去放大能力；

3 实验内容

- (1) 用 Multisim 构建出仿真电路；
- (2) 应用估算法计算三极管的静态工作点；
- (3) 在电路中接入万用表仿真测量静态工作点，并估算结果进行比较；
- (4) 用虚拟 IV 测试仪测试三极管输出特性曲线簇，并观察静态工作点的位置；
- (5) 用示波器观察输入、输出信号波形，并测量电压放大倍数；

4 实验结果和分析

(使用图片和文字叙述实验结果，并对这些结果进行适当分析)

- (1) 使用 Multisim 软件仿真搭建如图 1 所示的共射极放大电路，并估算其静态工作点；

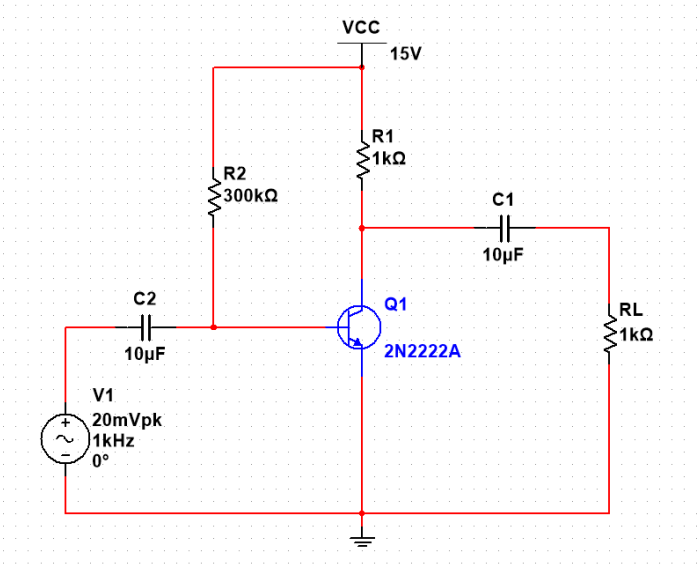


图 1 共射极放大电路

理论估算：

假设晶体管相关参数：

$V_{BE} = 0.7V$ ， $\beta = 100$ ，则有：

$$I_B = I_{R2} = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_2} = 48\mu A$$

$$I_C = \beta I_B = 4.8mA$$

$$\text{则 } V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C = 10.2V$$

- (2) 在电路中接入万用表仿真测量静态工作点，如图 2 所示，并估算结果进行比较；

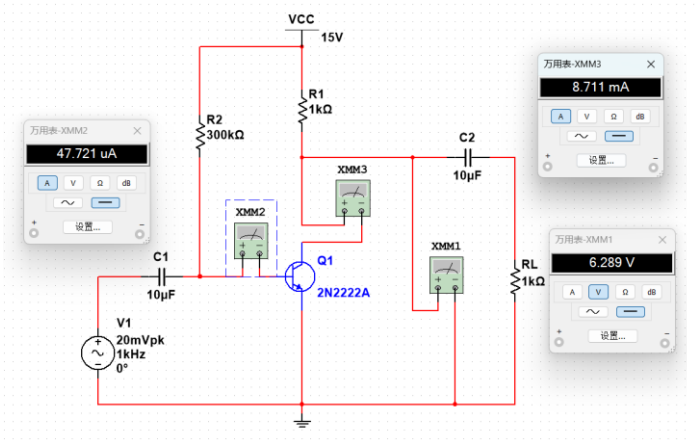


图 2 共射放大电路直流工作点仿真

通过比较共射放大电路直流工作点的 Multisim 仿真值与理论估算值，可以发现 I_B 的数值比较接近，而 I_C 和 V_{CE} 的仿真值与估算值相差较大，这说明再估算过程中假设的放大电流放大系数 β 与实际值存在较大偏差。

(3) 用虚拟 IV 测试仪测试三极管输出特性曲线簇如图 3 所示，并观察静态工作点的位置；

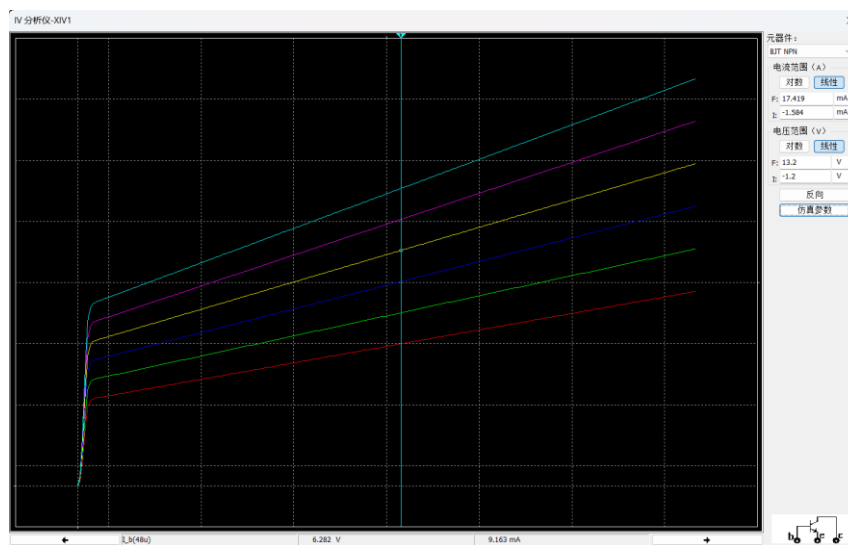


图 3 Multisim IV 测试仪测试三极管输出特性曲线

通过虚拟 IV 测试仪得到了三极管的输出特性曲线簇。曲线簇清晰地显示了饱和区、放大区和截止区。根据万用表测量得到的静态工作点 $I_{BQ} = 47.721\mu A$, $V_{CEQ} = 6.289V$, 在图中定位到 Q 点。可以看到，该点恰好位于特性曲线的放大区内，且位置适中，说明电路的直流偏置设计合理，三极管工作在良好的线性放大状态，有利于实现不失真放大。

在 Q 点附近曲线平坦，表明 I_C 受 V_{CE} 变化影响很小，主要受 I_B 控制，这正是放大作用的基础。通过该点对应的 I_{CQ} 与 I_{BQ} 可计算出实际的直流电流放大系数 $\beta \approx 190$ 。该值与理论估算时采用的值 β 存在差异，这直接导致了之前 I_{CQ} 与 V_{CEQ} 计算值与仿真测量值之间的偏差。

(4) 用示波器观察输入、输出信号波形，并测量电压放大倍数；

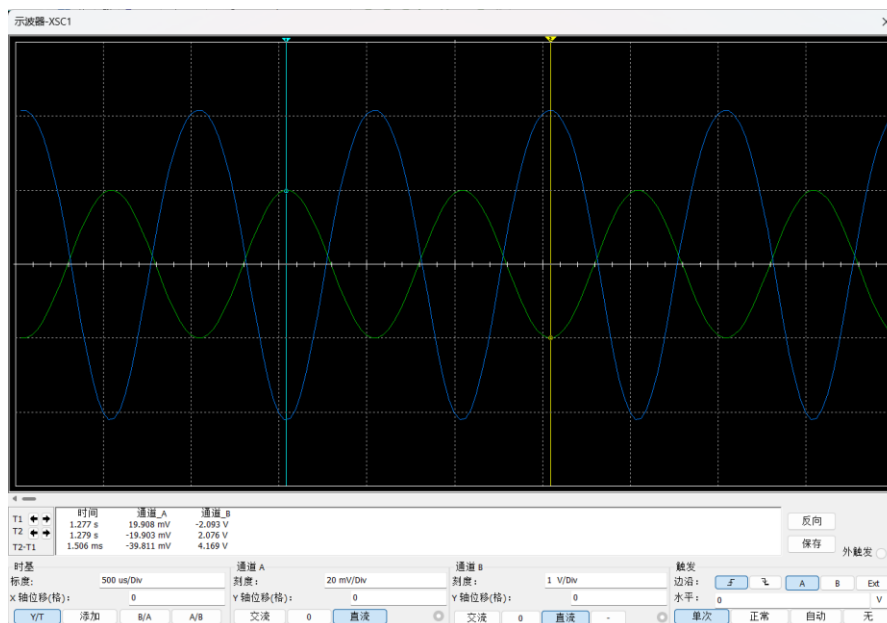


图 4 基本共射放大电路动态分析

图 4 所示为通过示波器观察到的放大电路的输入波形（绿色）和输出波形（蓝色），从仿真结果能直观地看出基本共射放大电路对输入电压的放大作用。拖动采集数据的标尺，置于峰值处。经测量：输入信号的峰值为 19.9mV，输出波形峰值为 2.09V，由于输入输出波形相位差 180° ，所以电压放大倍数 $A_{rmu} \approx -105V/V$ 。

5 实验结论

通过本次基于 Multisim 的三极管放大电路仿真实验，可以得出以下结论：

①成功验证电路功能：成功搭建并仿真了共射极放大电路。示波器波形清晰显示，电路能够对输入的小信号进行线性放大，且输入与输出波形相位相反，这与共射极放大电路的理论特性完全吻合，实测电压放大倍数约为 105 倍。

②分析静态工作点与估算偏差：理论估算的静态工作点与仿真实测值存在一定偏差，特别是集电极电流 I_C 和 V_{CE} 。此偏差主要源于理论估算时假设的电流放大系数 β （100）与实际仿真模型中三极管参数（ $\beta \approx 190$ ）不符。

③工作状态与特性曲线直观理解：通过虚拟 IV 测试仪，直观地观测到了三极管输出特性曲线的三个工作区（截止区、放大区、饱和区）。根据实测静态工作点（ $I_{BQ} \approx 47.7\mu A$ ， $V_{CEQ} \approx 6.29V$ ）在曲线簇中的位置，确认了该电路中的三极管被偏置在放大区中部。这保证了晶体管处于线性放大状态，为最大不失真输出提供了条件。