

模拟电子技术——仿真作业 1

522031910129 张浩宇

1 仿真电路

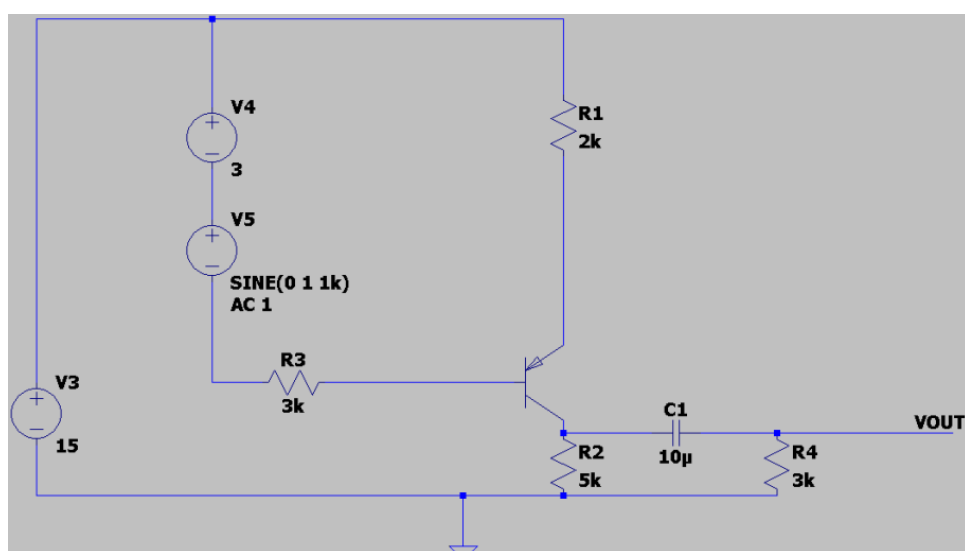


图 1: 仿真电路

2 仿真问题求解

1.

(1) 直流仿真得静态工作点

在 LTspice 中对电路运行直流仿真, 得到静态工作点数据如图 2. 可得静态工作点为

$$I_{BQ} \approx 5.463\mu\text{A}, I_{CQ} \approx 1.157\text{mA},$$

$$U_{ECQ} \approx 6.887\text{V}.$$

则三极管共射电流放大倍数 $\beta = \frac{I_{CQ}}{I_{BQ}} \approx 212$.

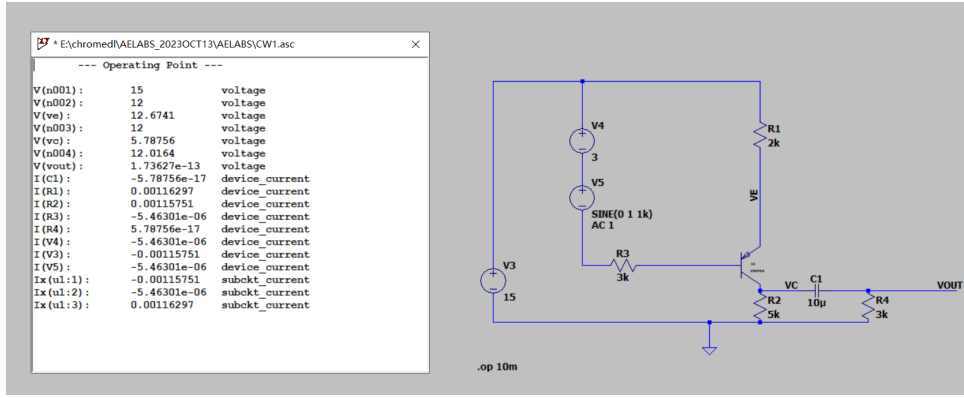


图 2: 直流工作点仿真

(2) 估算静态工作点

在直流通路下求解静态工作点. 在输入端,

$$3V = I_{EQ}R_1 - U_{EBQ} - I_{BQ}R_3$$

其中

$$I_{EQ} = (1 + \beta)I_{BQ},$$

在输出端,

$$15V - I_{EQ}R_1 - U_{ECQ} - I_{CQ}R_2 = 0,$$

其中

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

三极管电流放大倍数 β 取仿真值 $\beta = 100$, U_{EBQ} 根据三极管数据手册取 $U_{EBQ} = 0.65V$. 可得静态工作点为

$$I_{BQ} \approx 5.478\mu A, I_{CQ} \approx 1.161mA,$$

$$U_{ECQ} \approx 6.861V.$$

(3) 比较与分析

比较仿真的计算所得静态工作点, 两者较为接近. 计算所得 I_{BQ}, I_{CQ} 较大, 可能的原因是取的 U_{EBQ} 较小.

由静态工作点数据可得

$$U_{ECQ} > U_{EBQ} > 0,$$

表明发射结正偏, 集电结反偏, 三极管工作在放大状态

2.

(1) 直流扫电压仿真

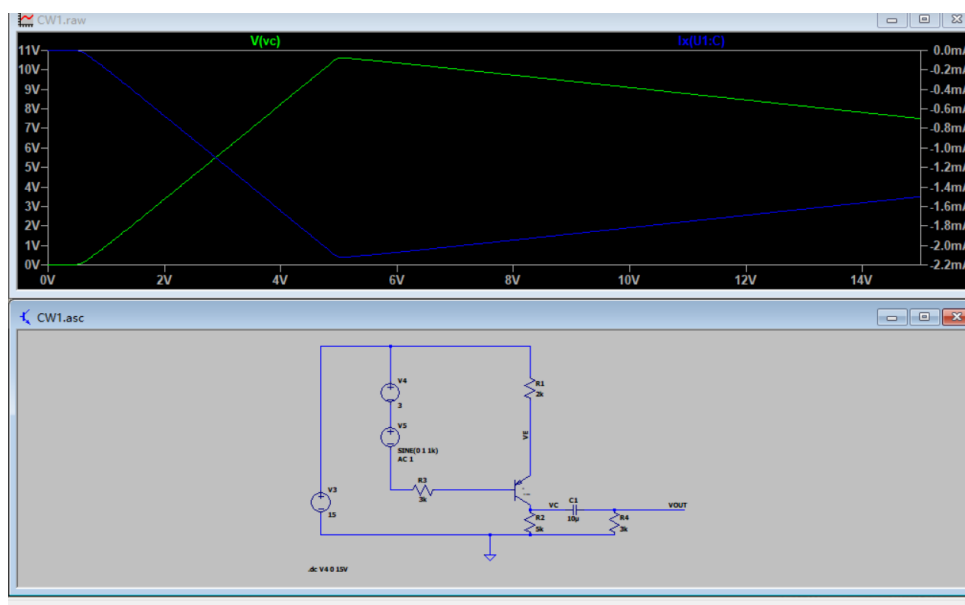


图 3: 直流扫电压仿真

用 LTspice 仿真 V_4 从 0 变为 15V 过程中, I_c 和 U_c 的变化情况, 如图 3 所示.

(2) 分析变化情况

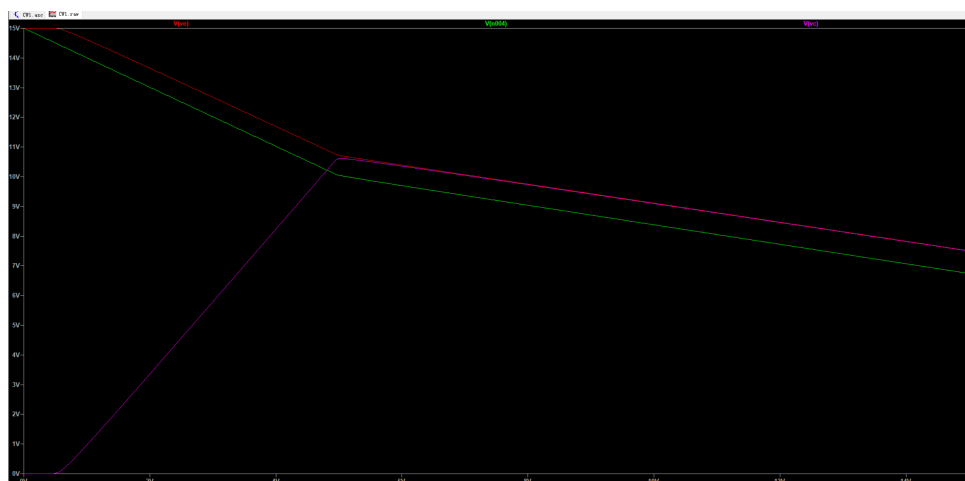


图 4: 直流扫电压仿真

用 LTspice 仿真 V_4 从 0 变为 15V 过程中, U_c , U_b 和 U_e 的变化情况, 如图 4 所示. 由图中可知, 5V 之前三极管为放大状态, 5V 之后集电结正偏, 三极管进入饱和状态. 当三极管为放大状态时, 在直流通路中有

$$V_4 = \left(\frac{1 + \beta}{\beta} R_1 + \frac{1}{\beta} R_3 \right) I_c + U_{EB},$$

$$U_c = I_c R_2,$$

因此 I_c 和 U_c 与 V4 近似线性关系

3.

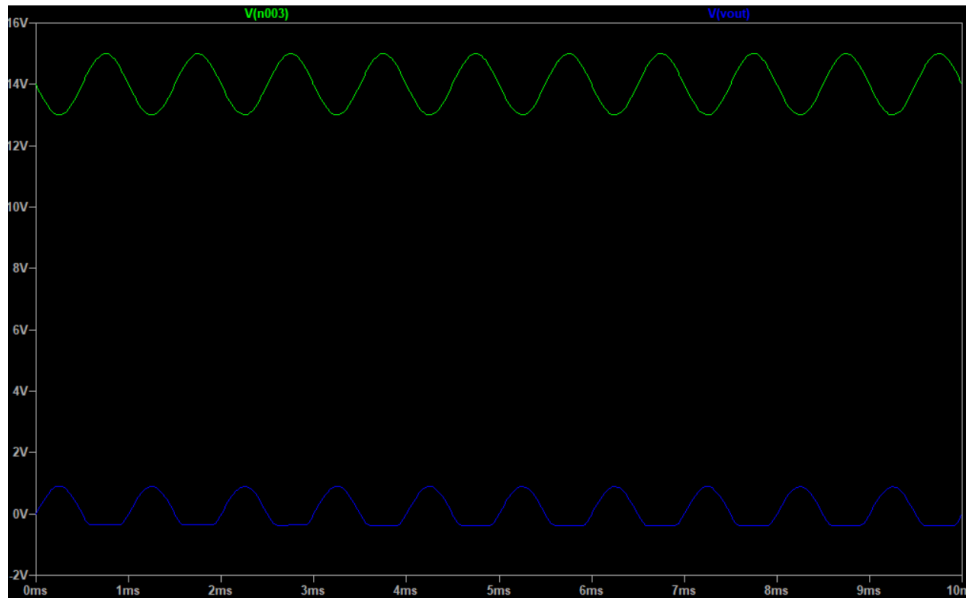


图 5: 时域仿真

(1) 时域仿真

保持其他参数为初始值, 改变 V4 的直流电压为 1V, 用 LTspice 进行时域仿真, 基极电压和输出电压 V_{OUT} 的变化如图 5 所示.

(2) 失真分析

由 V_{OUT} 波形可以看出此时出现了失真, 失真出现在输入波形正半周.

此时基极直流偏置电压 14V, 而发射极偏置电压略小于 15V. 在基极交流输入波形正半周时, 基极电位从 14V 到 15V 波动, 故会出现一段基极电位大于射极电位, 此时发射结截止, 三极管处于截止状态, 发生截止失真.

4.

(1) 直流工作点仿真

保持其他参数为初始值, 改变 R_2 的电阻为 15k Ω , 用 LTspice 进行直流仿真分析工作状态, 如图 6 所示.

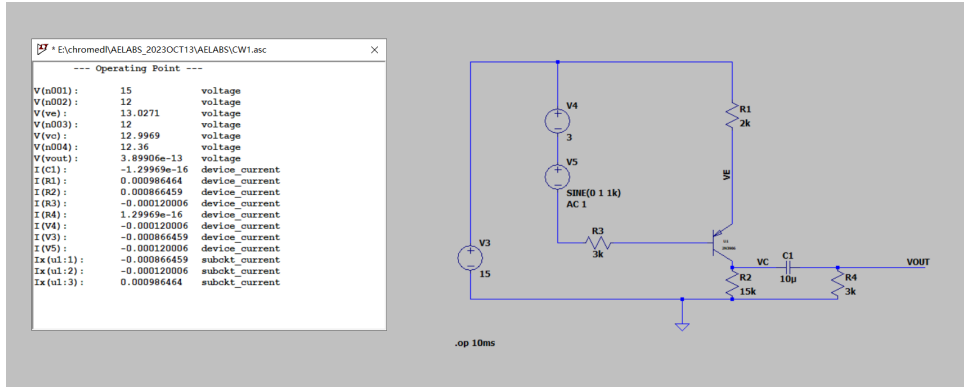


图 6: 时域仿真

(2) 工作区域分析

由仿真结果, 有 $U_e > U_b, U_c > U_b$, 即三极管发射结集电结均正偏, 三极管工作在饱和状态。

5.

(1) 直流扫电压仿真

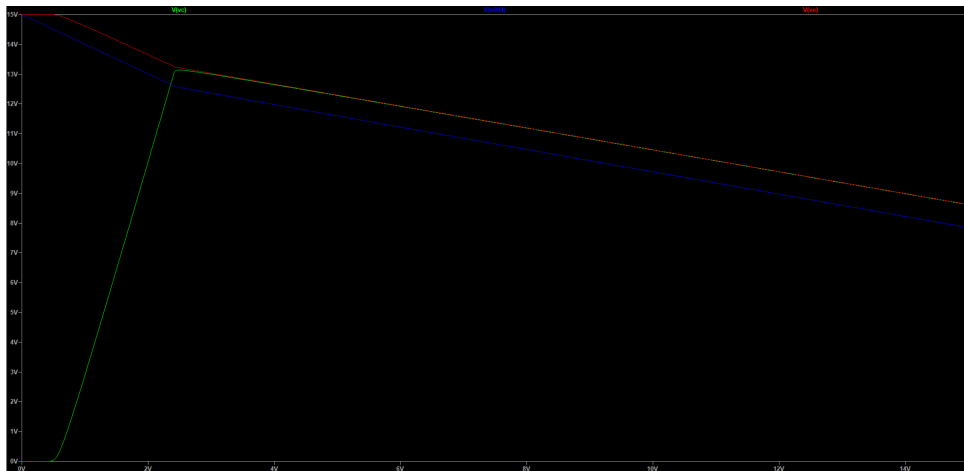


图 7: 直流扫电压仿真

用 LTspice 仿真 V_4 从 0 变为 15V 过程中, 直流通路 U_c, U_b 和 U_e 的变化情况, 如图 7 所示。

图中 U_c 有两个拐点. 在第一个拐点之前, $U_e - U_b < U_{on}$, 发射结和集电结均反偏, 三极管处于截止状态, 视为开路, 故集电极电压保持为 0. 第一个拐点之后, $U_e - U_b > U_{on}$ 发射结开启, 集电结仍截止, 三极管处于放大状态, 与 2(2) 同理, 此时 U_c 线性增加. 第二个拐点处, 恰对应 $U_c - U_b = U_{on}$, 此后集电结也开启, 三极管进入饱和状态, 集电极电压与基极电压同步变化, 而 V_4 增大, 基极电压减小, 集电极电压也跟随减小