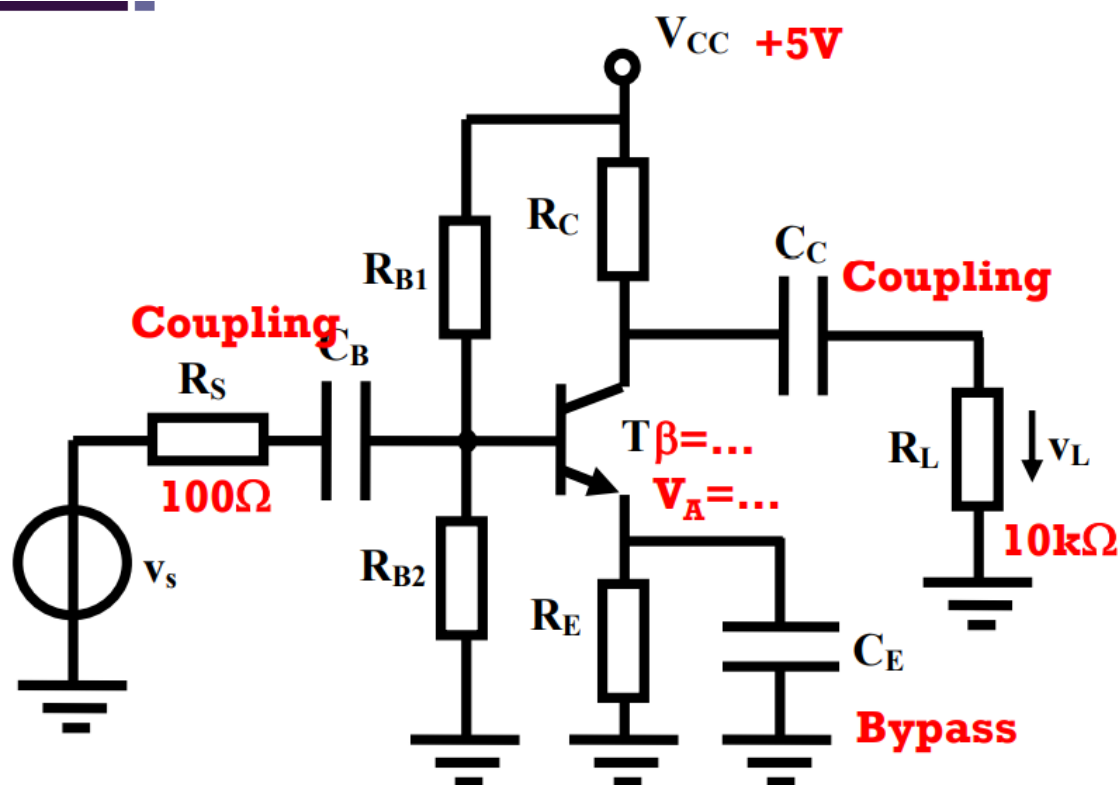


放大器仿真

无04 2019012137 张鸿琳

仿真电路图如下：



需要设计上面电路中的各项参数，使得交流小信号电压增益100倍，假设已知 β , V_A ，那么可知 $g_m \approx \frac{I_{C0}}{v_T}$, $g_{be} \approx \frac{g_m}{\beta}$, $g_{ce} \approx \frac{I_{C0}}{V_A}$ 。

假设已经满足某一直流偏置条件，再进一步分析交流微小信号，那么将直流电源置零，电容视为短路，由戴维南等效电路可知，左侧电压源等效内阻为 $r = R_S // R_{B1} // R_{B2}$ ，等效输出电压为

$v' = \frac{R_{B1} // R_{B2}}{R_{B1} // R_{B2} + R_S} v_s$ ，那么由等效交流分析电路，可知

$v_L = -g_m v_{be} \cdot (R_L // R_C // r_{ce}) = -g_m (R_L // R_C // r_{ce}) \frac{r_{be}}{r + r_{be}} v'$ ，由此为了令增益为100倍，只需令

$$\frac{\beta(R_L // R_C // r_{ce})(R_{B1} // R_{B2})}{(R_{B1} // R_{B2} + R_S)(R_S // R_{B1} // R_{B2} + r_{be})} = 100 \quad (1)$$

即可。而其中 g_m 、 r_{ce} 、 r_{be} 均与直流偏置相关，所以下面分析直流电路，找出 I_{C0} 与电路参量的关系。

直流分析时，电容视为开路，而 $V_{CC} = 5V$ ，利用戴维南等效电路，左侧电路等效电压为

$v'' = \frac{R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}} V_{CC}$ ，等效内阻为 $r' = R_{B1} // R_{B2}$ ，那么 $I_B \approx \frac{v'' - V_{on} - I_{C0} R_E}{r'}$ ，那么

$I_{C0} \approx \beta I_B = \frac{\beta(v'' - V_{on} - I_{C0} R_E)}{R_{B1} // R_{B2}}$ （认为其工作在恒流区），解得

$$I_{C0} = \frac{\beta(R_{B2} V_{CC} - (R_{B1} + R_{B2}) V_{on})}{R_{B1} R_{B2} + \beta R_E (R_{B1} + R_{B2})} \quad (2)$$

将其代入(1)式中，即可确定设计要求对具体参数的限制。

在设计时，要尽量满足三个条件：

- 输出电压范围尽可能大

- 功率增益尽可能大
- 工作频率 $1kHz - 1MHz$ 范围内，增益尽可能平坦

第一个条件意味着要尽可能避免BJT进入饱和区，保证 I_{C0} 的稳定，从而保证放大器属性的稳定，那么这就要求直流分析中右侧电路中的电阻尽量小，也就是 R_E 尽量小。

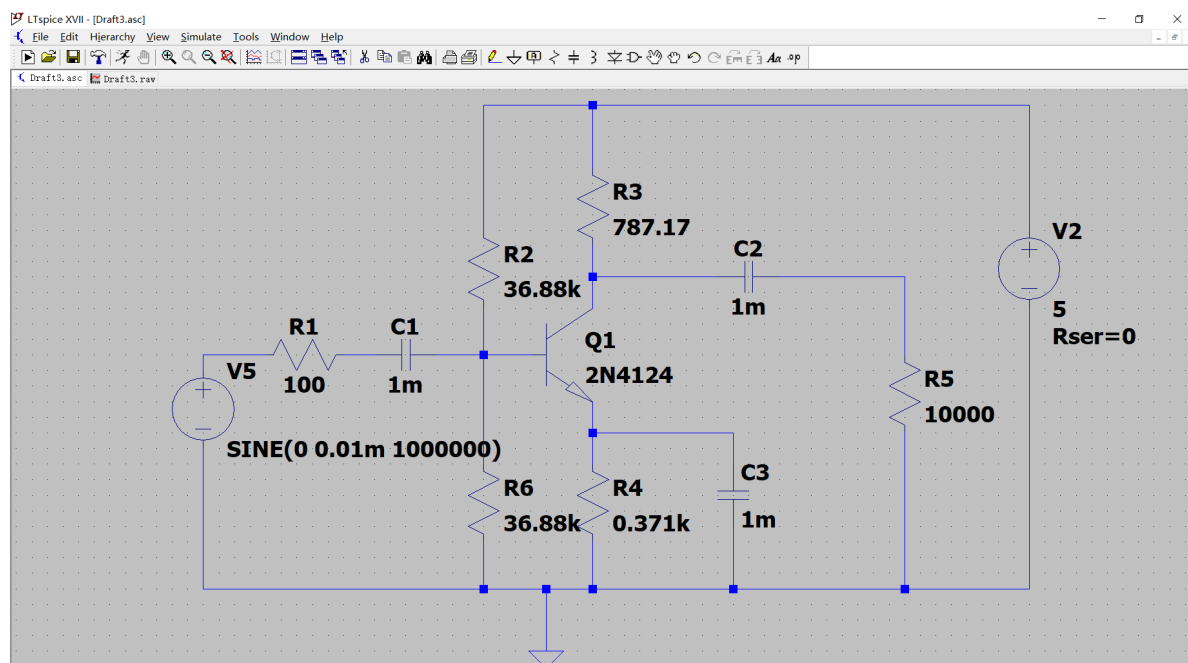
第二个条件，功率增益应当保证左侧戴维南等效电阻尽可能大，同时适当增大 R_E 电阻（这实际上与第一个条件有所冲突），从而减小交流输出功率。

第三个条件，则需要使电容尽量大，从而减小其在交流电路中的影响。

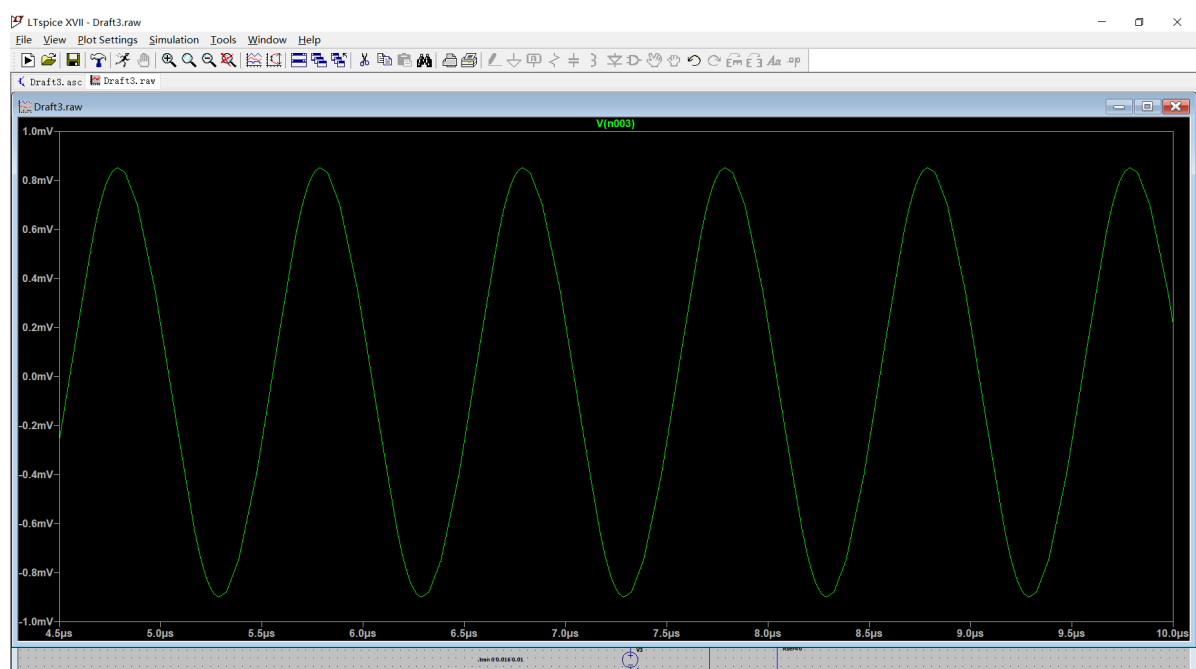
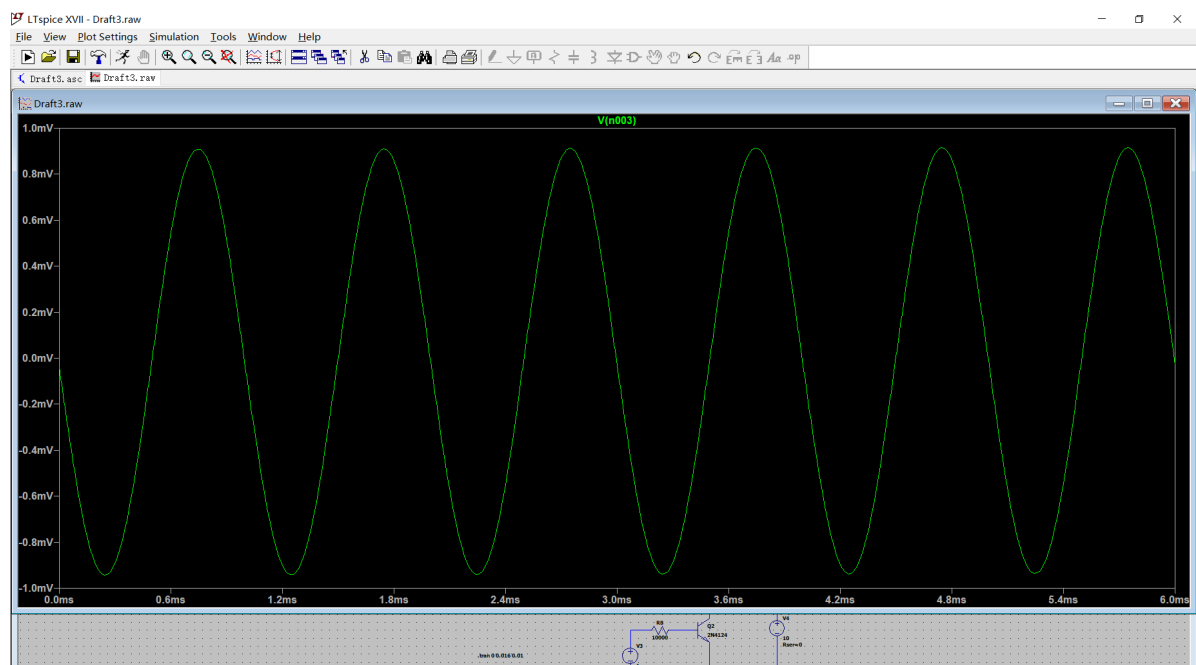
下面分析各个参数的理论取值并进行仿真验证：

取仿真软件中一个NPN晶体管2N4124，测量得到其参数为 $\beta \approx 207.6$ ， $V_A \approx 73.24V$ ， $V_{on} \approx 0.661V$ ，为了设计简便，假设取直流偏置电流 $I_{C0} = 4mA$ ，那么 $r_{be} = \frac{\beta v_T}{I_{C0}} \approx 1.349k\Omega$ ， $r_{ce} = \frac{V_A}{I_{C0}} \approx 18.31k\Omega$ ，由(1)式可以大约估算出各个外围电阻的适当数量级，当 R_{B1} 与 R_{B2} 的阻值较大时，可以近似得到 $R_C \approx 787.17\Omega$ ，进一步计算得到 $R_{B1} // R_{B2} \approx 18.44k\Omega$ ，进而再利用式子(2)计算 R_E ，不妨取 $R_{B1} = R_{B2} = 36.88k\Omega$ ，解得 $R_E \approx 0.371k\Omega$ 。

代入上面计算得到的参量，得到下面电路图：



当微小交流信号为正弦波，振幅为 $10\mu A$ ，频率分别取 $1kHz$ 和 $1MHz$ 时，得到输出电压波形分别为为：



可以看到上面设计的电路基本实现了100倍的放大，不过存在小幅误差，随着交流小信号频率的提高，误差会有增大趋势，可以通过进一步调节电阻阻值等参数减小电压增益的误差。