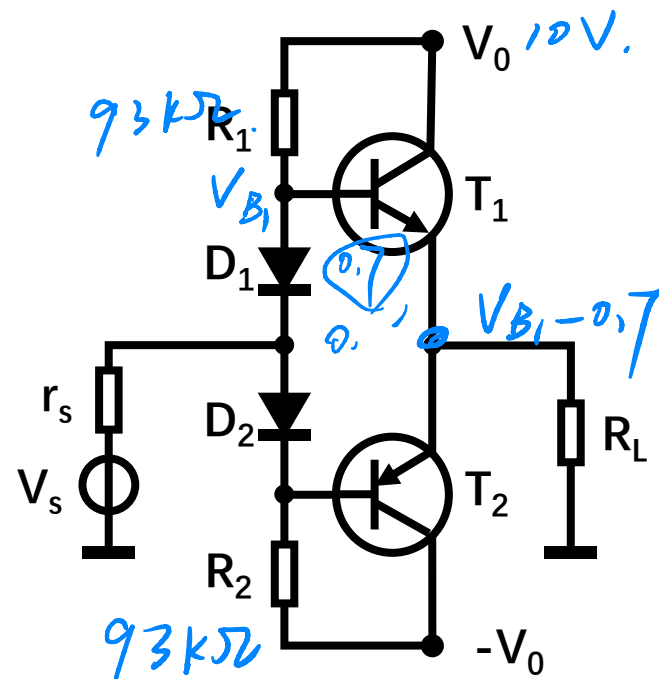


## 作业示例 17.1

## 推挽放大器

- ☑ 俩 BJT:  $\beta=100$ ,  $r_b=1\text{K}\Omega$ ,  $r_e=100\Omega$ 。
- ☑  $V_0=10\text{V}$ ,  $R_1=R_2=93\text{K}\Omega$ ,  $R_L=10\text{K}\Omega$ ,  $r_s=1\text{K}\Omega$ 。
- ☑ 请估算和分析:
  - $V_S=0$  时, 电路的静态功耗?
  - 放大器的  $A_V$ ,  $R_i$ ,  $R_o$ ?
  - 输出到  $R_L$  的线性动态范围是多少?



a) 静态功耗 ?

$$r_e = 100\Omega \quad \rightarrow I_{CQ1} \approx I_{CQ2} \approx 26mV/r_e = 0.26mA$$

$$V_{R1} = 10 - 0.7V \quad \rightarrow I_{R1} \approx I_{R2} \approx 9.3V/93K\Omega = 0.1mA$$

$$\text{静态功耗} \approx (10+10)V * (0.26+0.1)mA \approx 7.2mW$$

b)  $A_V$ ,  $R_i$ ,  $R_o$  ?

$$\text{正半周: (二极管动态电阻 } r_{D1} \approx r_{D2} \approx 26mV/I_{D1Q} = 260\Omega$$

$$T1 \text{ 基极向内的电阻 } R_{Bi} = r_b + (1+\beta)(r_e + R_L) \approx \beta R_L = 10^6 k\Omega$$

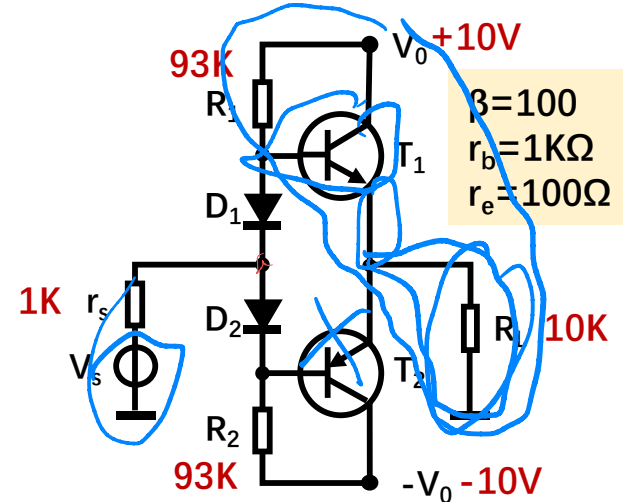
$$\text{故: } R_{i+} = (r_{D2} + R_2) // [r_{D1} + (R_1 // R_{Bi})] \approx 93K // 93K \approx 46.5K\Omega$$

$$T_1 \text{ 基极向左的电阻 } R_B = R_1 // [r_{D1} + (r_{D2} + R_2) // r_s] \approx 93K // [260 + (260 + 93K) // 1K] \approx 1.2K$$

$$\text{故: } R_{o+} = r_{e1} + (r_{b1} + R_B) / (1+\beta) \approx 100 + 2.2K/100 \approx 120\Omega$$

$$\text{而: } A_{V+} = \frac{R_{i+}}{R_{i+} + r_s} * \frac{(R_1 // R_{Bi})}{r_{D1} + R_1 // R_{Bi}} * \frac{(1/R_{D1})}{\beta} * \beta * R_L \approx 0.98$$

负半周: 与正半周相同 (虽然一般会略有不同, 但本题的理想假设下, 确实相同)。



c) 线性动态范围 ? 看似只要  $V_{R1} > 0$ , 即可确保  $T_1$  在线性区。

但正半周  $V_{RL}$  增加时, 需有一定的  $I_{C1}$  和  $I_{B1}$ , 而  $I_{R1} \geq I_{B1}$  ( $D_1$  电流不可能向上)

$$\text{可令 } I_{D1} = 0 \text{ 作为临界条件, 此时: } 10 = I_{R1} * R_1 + 0.7 + (1+\beta)R_L \rightarrow I_{R1} = 8.5\mu A$$

$$\text{于是此时: } V_{R1} = 790mV, \text{ 故 } V_{omax} \approx 10 - 0.79 - 0.7 = 8.5V$$

利用对称性可知, 线性动态范围为:  $[-8.5V, 8.5V]$

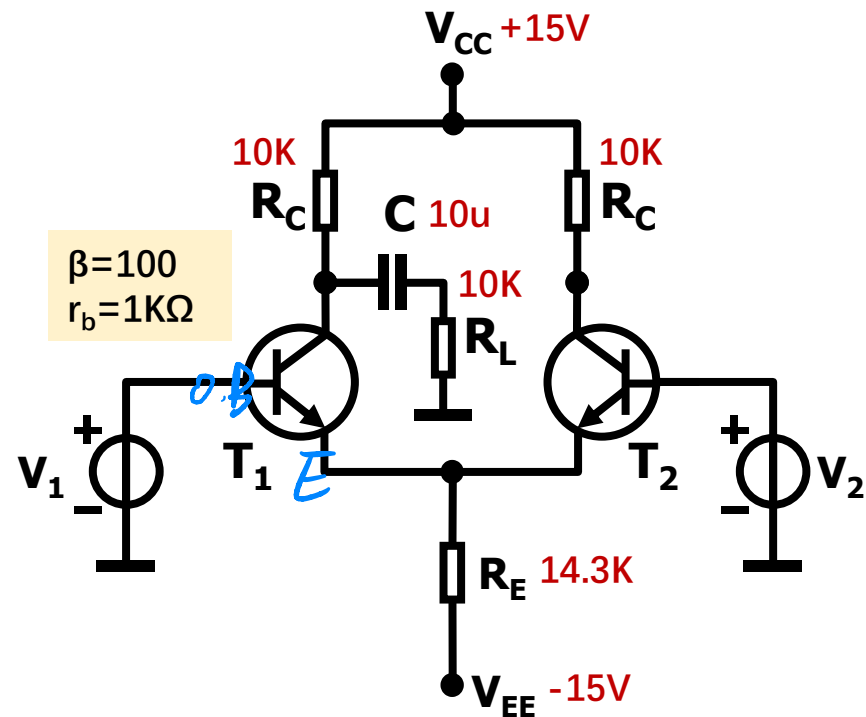
## 作业示例 17.2

## 差分放大器

- ☑ 右图中，两个BJT的  $\beta=100$ ,  $r_b \approx 1\text{K}\Omega$ 。  
 $R_C=10\text{K}\Omega$ ,  $R_L=10\text{K}\Omega$ ,  $C=10\mu\text{F}$   
 $V_{CC}=15\text{V}$ ,  $V_{EE}=-15\text{V}$ ,  $R_E=14.3\text{K}\Omega$ 。  
 信号源  $V_1$  和  $V_2$  是纯正弦电压源。

请完成下列计算：

- $T_1$  和  $T_2$  的静态工作点和  $r_e$
- 当  $V_2=0$  时，从  $V_1$  到  $V_{RL}$  的电压增益： $A_{V1} = V_{RL} / V_1 |_{V_2=0}$
- 当  $V_1=0$  时，从  $V_2$  到  $V_{RL}$  的电压增益： $A_{V2} = V_{RL} / V_2 |_{V_1=0}$
- 差模增益  $A_{VD} = V_{RL} / (V_1 - V_2)$
- 共模增益  $A_{VC} = V_{RL} / [(V_1 + V_2)/2]$
- 共模抑制比  $K_{CMR} = A_{VD}/A_{VC}$
- 电路的  $f_L$  是多少？



a)  $V_{BQ} = 0; V_{EQ} = -0.7V$   
 $I_{EQ} = (-0.7 - V_{EE})/R_E/2 = 0.5mA \approx I_{CQ} \rightarrow I_{BQ} = 5\mu A; V_{CQ} \approx V_{CC} - V_{RC} = 10V$   
 $r_{e1} = r_{e2} = 26mV/I_{EQ} = 52\Omega$  , (此时:  $r_{be} = r_b + (1+\beta)r_e \approx 6.2K\Omega$ )

b) 注意此时  $T_1$  为 CE 组态, 发射极外电阻是  $R_E || r_{eb2} \approx r_{eb2} = 62\Omega$   
 $A_{V1} = V_{RL}/V_1 |_{V_2=0} = -\beta(R_C || R_L) / [r_{b1} + (1+\beta)(r_{e1} + R_E || r_{eb2})] \approx -40$

c) 此时  $T_1$ 、 $T_2$  为级联放大器:  $T_1$  为 CB 组态,  $T_2$  为 CC 组态

$$A_{V2} = V_{RL}/V_2 |_{V_1=0}$$

$$= V_2 / [r_{be2} + (1+\beta)(R_E || r_{eb1})] * (1+\beta) * (R_E || r_{eb1}) / r_{eb1} * \beta / (1+\beta) (R_C || R_L) / V_2 \approx 40$$

d) 差模输入时,  $R_E$  上端为动态地 (交流电压为零), 将电路裂开:

$$A_{VD} = -\beta(R_C || R_L) / 2r_{be} = -40$$

e) 共模输入时, 将  $R_E$  看为两个  $2R_E$  电阻的并联, 然后再根据对称性将电路裂开:

$$A_{VC} \approx -\beta(R_C || R_L) / [r_b + (1+\beta)(r_e + 2R_E)] = -0.175$$

f)  $K_{CMR} = |A_{VD}/A_{VC}| \approx 230$

g) 电路中只有一个耦合电容  $C$ , 它决定了电路的低半功率点。

计算其时间常数可知:  $\tau = RC = (R_C + R_L) * 10\mu F = 0.2 \rightarrow f_L \approx 1/(2\pi\tau) \approx 0.8Hz$

