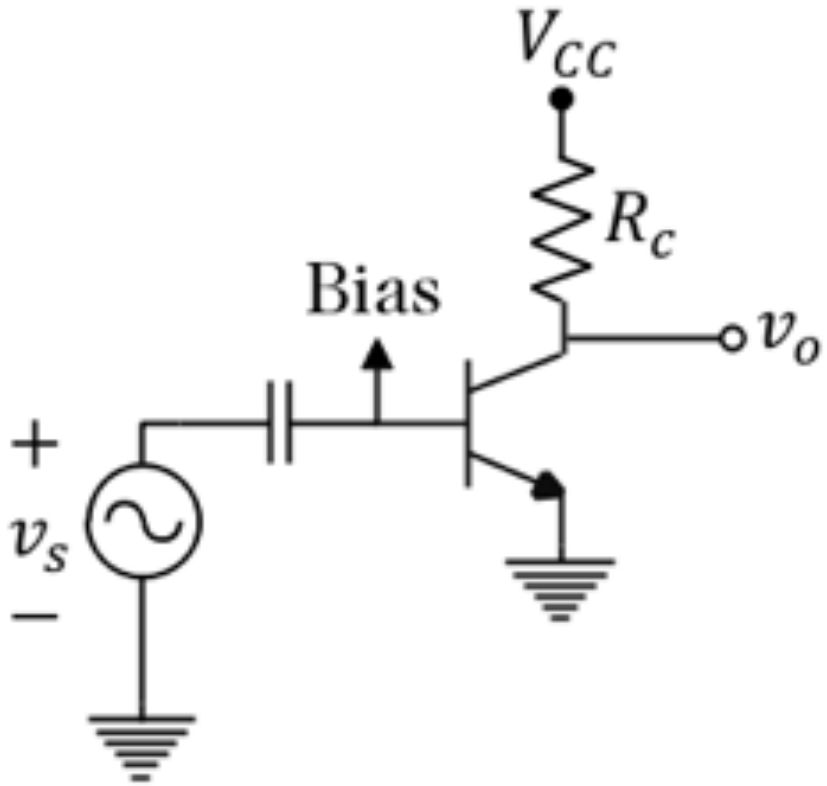
الکترونیک ۲
منابع جریان، آئینه جریان، بار فعال

ارائه دهنده: حسین کرمی طاهری

نیاز به منبع جریان

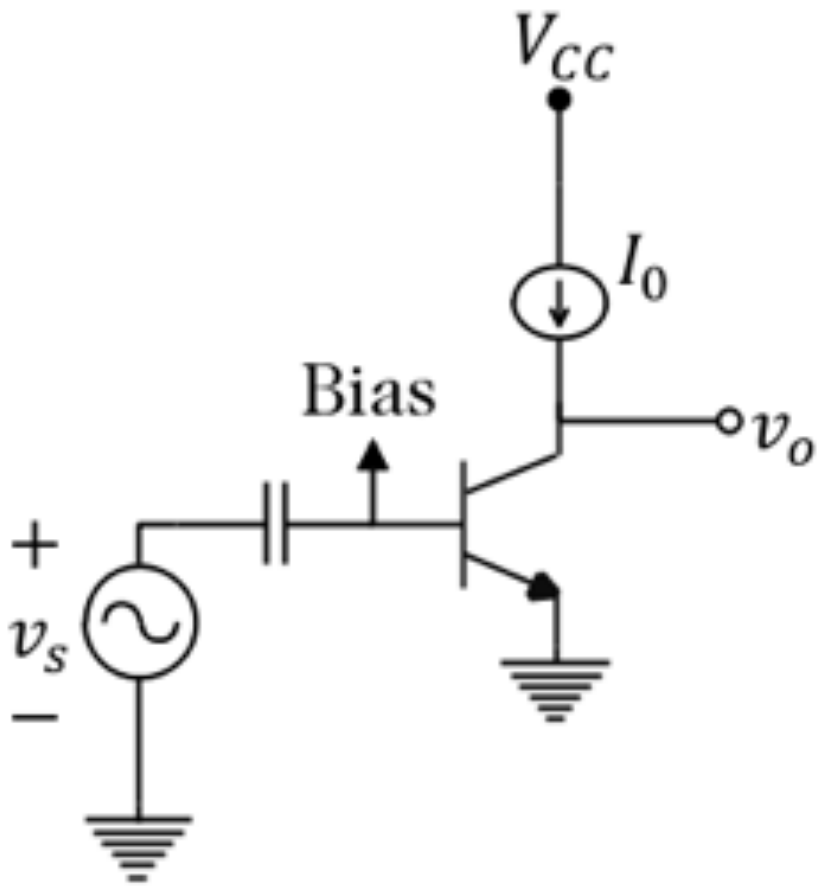


$$A_v = \frac{v_o}{v_s} = -g_m(R_c||r_o) \qquad g_m = \frac{I_{cQ}}{V_T}\ , r_o = \frac{V_A}{I_{cQ}}$$

- افزایش I_{cQ} برای افزایش g_m باعث کاهش r_o و افزایش افت پتانسل روی مقاومت R_c می گردد.
- ماکزیمم مقدار اندازه بهره برابر است با $\frac{V_A}{V_T}$ مشروط بی نهایت بودن R_c
- در حوزه DC مقاومت R_c جهت بایاس ترانزیستور در ناحیه فعال باید محدود باشد
- استفاده از سلف به صورت سری با R_c جهت حذف R_c در حوزه ac
- معایت استفاده از سلف
- استفاده از خازن؟

استفاده از منابع جریان

- ساده ترین منبع جریان؟
- ترانزیستورهای دو قطبی به عنوان منابع جریان:



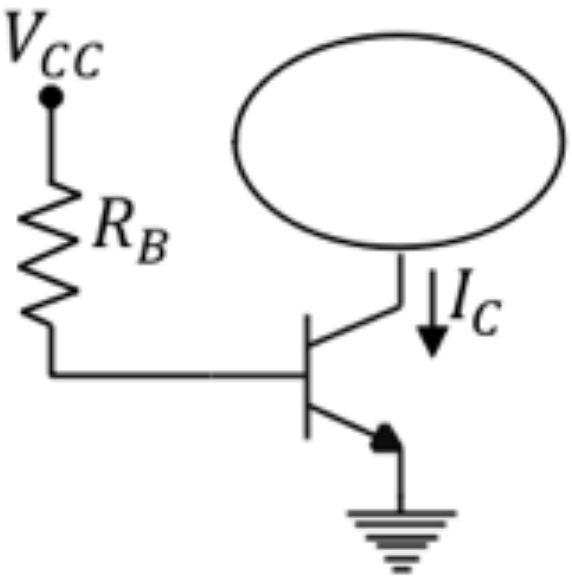
$$I_C = \beta \frac{V_{CC} - V_{BE,on}}{R_B}$$ مشروط به فعال بودن

معایب: ۱ـ جریان وابسته به پارامتر ناپایدار β

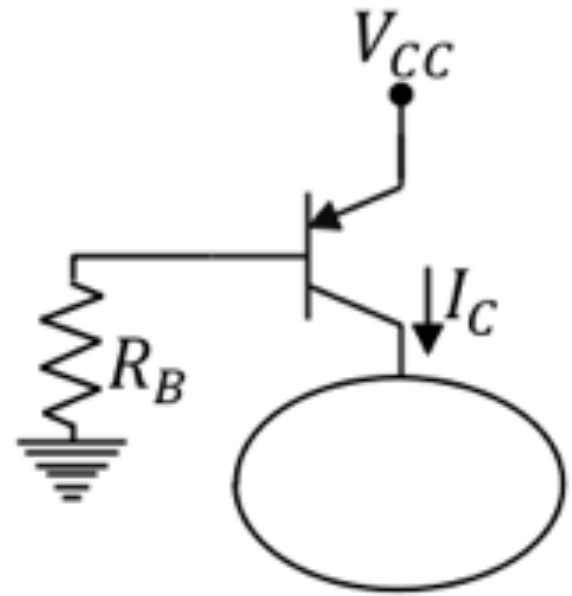
۲ـ مقاومت درونی حوزه ac محدود به r_o

۳ـ جریان وابسته ولتاژ تغذیه

۴ـ جریان وابسته به دما

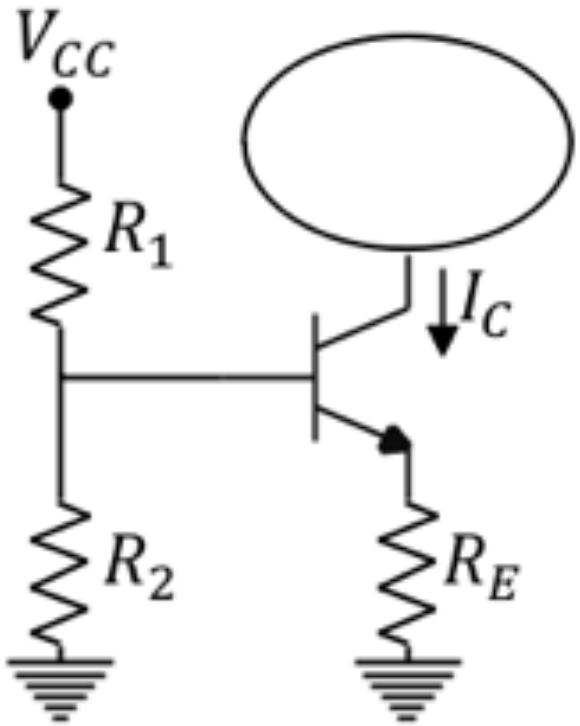


منبع جریان گیر



منبع جریان ده

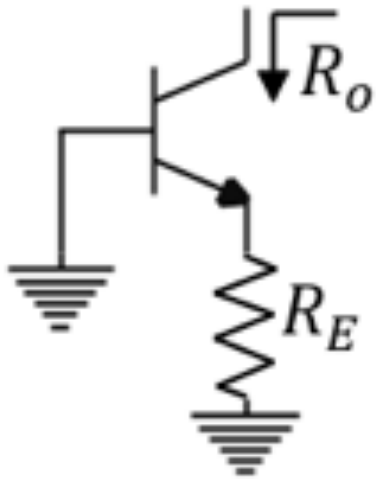
رفع عیب ۱ و ۲



$$V_{th} = V_{CC}\frac{R_1}{R_1 + R_2}\ , R_{th} = R_1||R_2$$

$$I_C = \alpha\frac{V_{th} - V_{BE,on}}{R_E + \frac{R_{th}}{\beta + 1}}$$

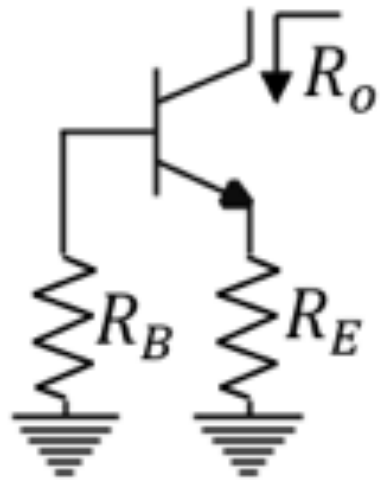
اگر $R_E \gg \frac{R_{th}}{\beta+1}$ جریان به صورت جزئی تابعی از β خواهد بود



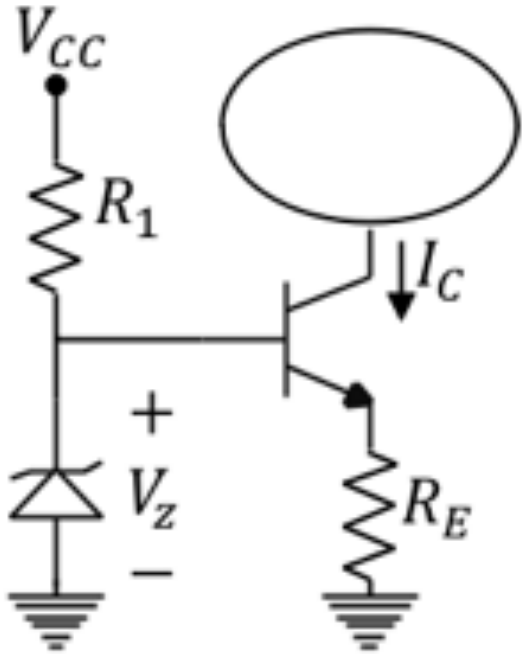
$$R_o = [1 + g_m(R_E||r_\pi)]r_o + R_E||r_\pi$$

$$if\ R_E \gg r_\pi \implies R_o \approx \beta r_o$$

تمرین

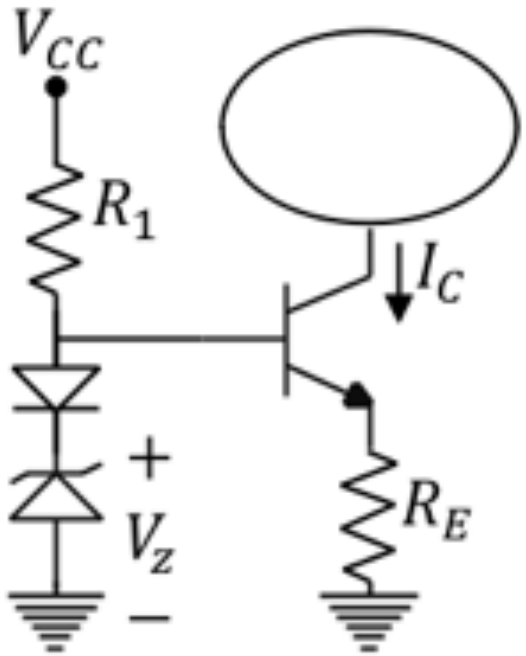


رفع عیب ۳ و ۴



$$I_C = \alpha \frac{V_Z - V_{BE,on}}{R_E}$$

$$R_o \approx [1 + g_m(R_E||r_\pi)]r_o + R_E||r_\pi$$

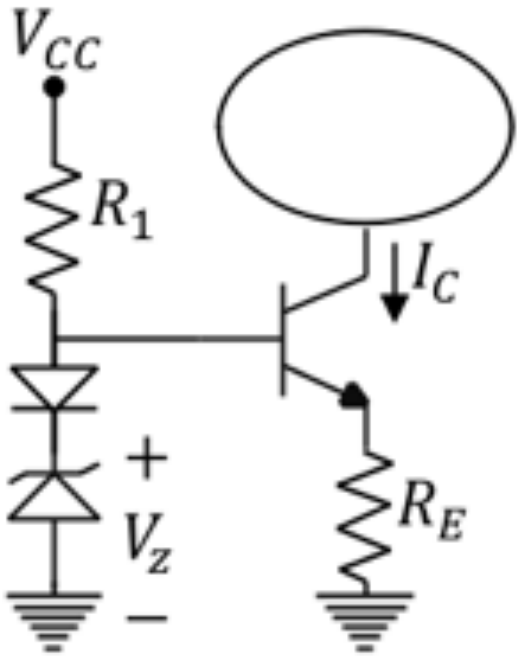


$$I_C = \alpha \frac{V_Z + V_{D,on} - V_{BE,on}}{R_E}$$

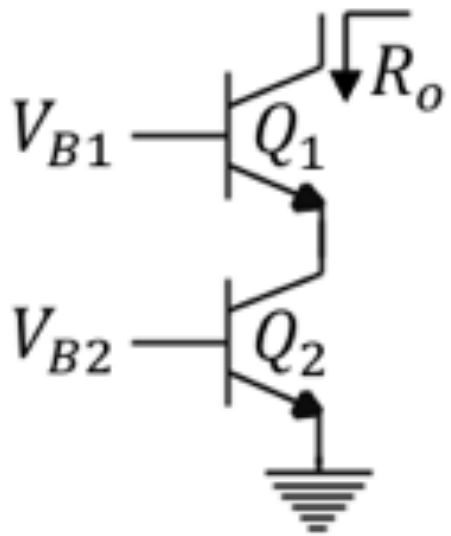
$$R_o \approx [1 + g_m(R_E||r_\pi)]r_o + R_E||r_\pi$$

استفاده از بیش از یک دیود

طبقه Cascode (آبشاری)



مشکل استفاده از مقاومت امیتر: افت پتانسیل و کاهش سوئینگ



$$R_o = [1 + g_{m1}(r_{o2}||r_{\pi 1})]r_{o1} + r_{o2}||r_{\pi 1}$$

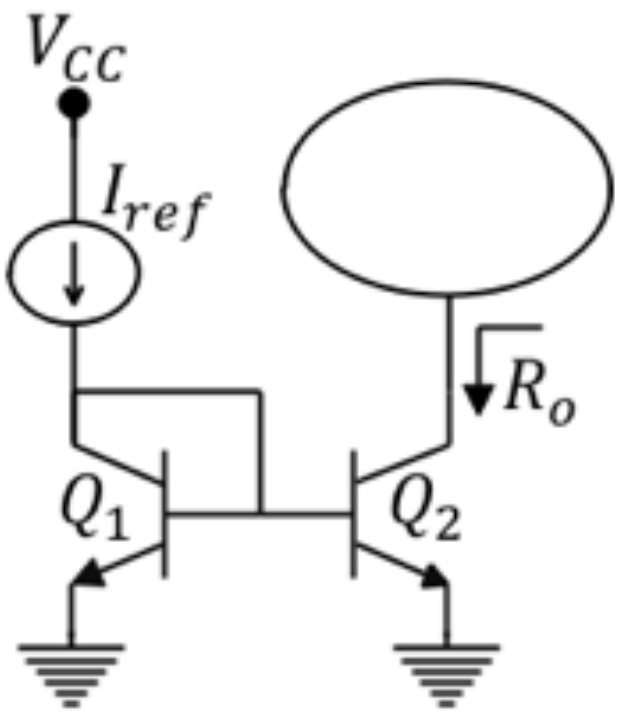
مثال:

$$if\ I_C = 1mA, \beta = 100, V_A = 5V \Longrightarrow$$

$$r_o = 5k\Omega$$

$$R_o = 330k\Omega$$

آئینه جریان



مشروط به قرار گرفتن ترانزیستور در ناحیه فعال

$$I_{c1} = I_{s1}(e^{\frac{qV_{BE1}}{KT}} - 1)$$

$$I_{c2} = I_{s2}(e^{\frac{qV_{BE1}}{KT}} - 1)$$

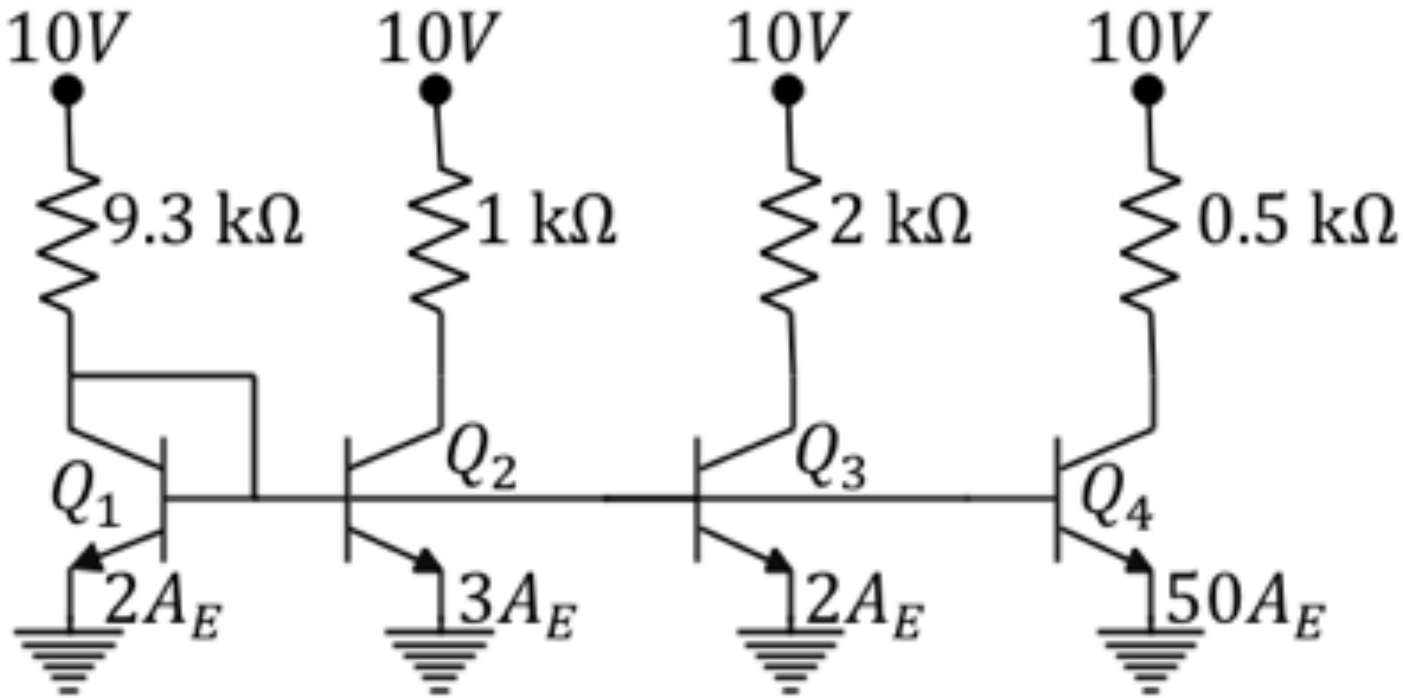
$$\Rightarrow \quad \frac{I_{c1}}{I_{c2}} = \frac{I_{s1}}{I_{s2}} \,,\, \frac{I_{B1}}{I_{B2}} = \frac{\beta_2}{\beta_1}\frac{I_{s1}}{I_{s2}}$$

$$I_{ref} = I_{c1} + I_{B1} + I_{B2} \Rightarrow I_{c1} = \frac{I_{ref}}{1 + \frac{1}{\beta_1} + \frac{I_{s2}}{\beta_2 I_{s1}}} \;,\; I_{c2} = \frac{I_{s2}}{I_{s1}}\frac{I_{ref}}{1 + \frac{1}{\beta_1} + \frac{I_{s2}}{\beta_2 I_{s1}}}$$

$$if\ \beta \gg 1 \Rightarrow I_{c1} = I_{ref} \;,\; I_{c2} = \frac{I_{s2}}{I_{s1}} I_{ref}$$

نکته: هم ترم ac و هم ترم DC آئینه می شوند

مثال



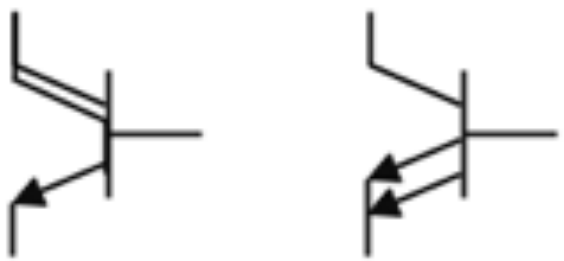
$$I_{c1} = I_{ref} = \frac{10 - 0.7}{9.3} = 1mA$$

$$I_{c2} = \frac{3A_E}{2A_E} I_{ref} = 1.5mA$$

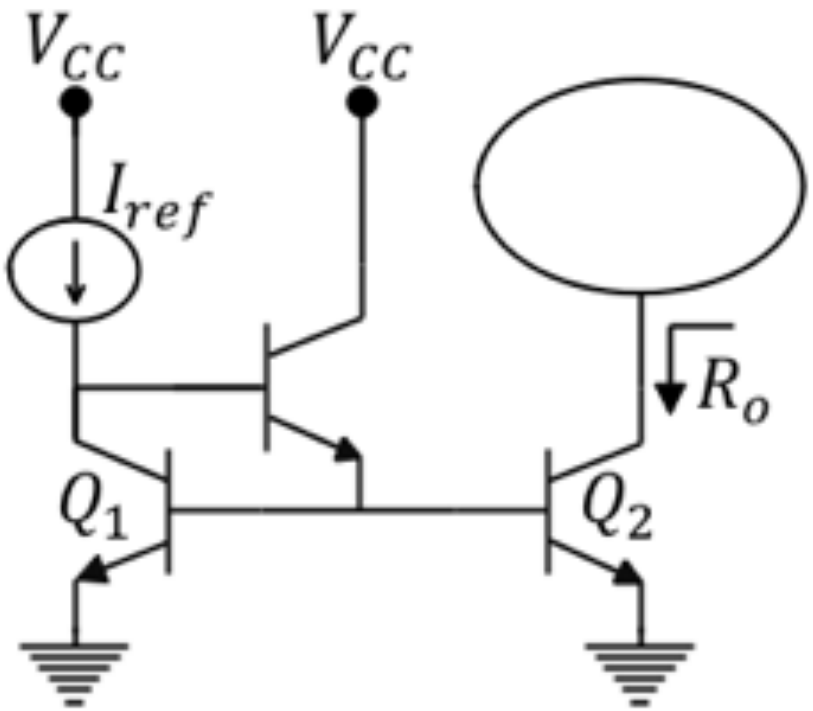
$$I_{c3} = \frac{2A_E}{2A_E} I_{ref} = 1mA$$

$$I_{c4} = \frac{10 - 0.2}{0.5} = 19.6mA$$

نکته: در برخی مراجع متفاوت بودن جریان اشباع معکوس ترانزیستورها با تعداد پایه متفاوت امیتر یا کالکتور ترانزیستورها نمایش داده می شود.



کاهش تاثیر جریان بیس ها

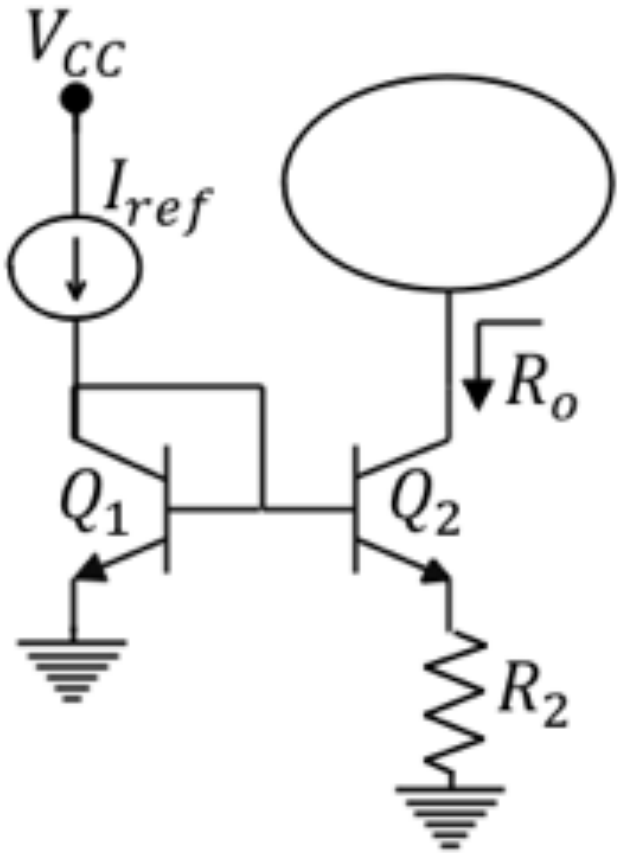


$$I_{c1} = \frac{I_{ref}}{1 + \frac{2}{\beta(\beta+1)}}$$

$$I_{c1} = \frac{I_{s2}}{I_{s1}} \frac{I_{ref}}{1 + \frac{2}{\beta(\beta+1)}}$$

عیب: مقاومت درونی محدود به r_o

منبع جریان ویدلر



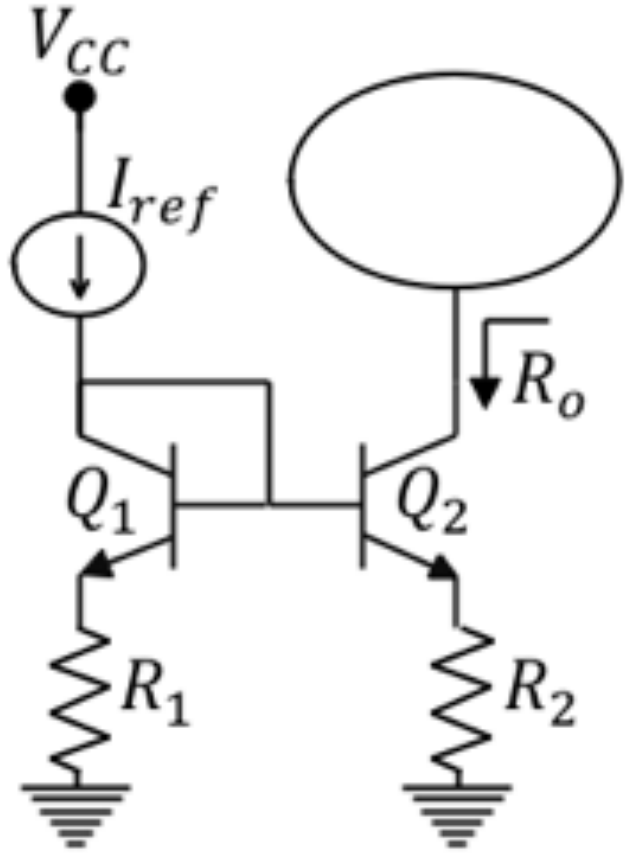
$$V_{BE1} - V_{BE2} - R_2 I_{c2} = 0$$

$$V_T \ln \frac{I_{c1}}{I_{s1}} - V_T \ln \frac{I_{c2}}{I_{s2}} - R_2 I_{c2} = 0$$

$$if\ I_{s1} = I_{s2} \Longrightarrow R_2 I_{c2} = V_T \ln \frac{I_{c1}}{I_{c2}}$$

مزیت: افزایش مقاومت درونی

عیب: تنها جریان های کوچک



$$V_{BE1} + R_1 I_{c1} = V_{BE2} + R_2 I_{c2}$$

$$I_{c2} = \frac{R_1}{R_2} I_{ref}$$

با فرض α نزدیک به یک برای ترانزیستورها
و چشم پوشی از اختلاف V_{BE}ها