

2006–12–08

Ideal operationsförstärkare, negativt återkopplad: $\varepsilon = 0$.

Bryt upp vid utsignalen u_{ut} . Lågg till en tänkt insignal u . Betrakta slingförstärkningen u_{ut}/u . Kretsen oscillerar då $u_{\text{ut}}/u \geq 1$,

Kretsekvationer: KCL i noderna 1, 2 och 3:

$$(u - u_1) s C - \frac{u_1}{R} + (u_2 - u_1) s C = 0$$

$$(u_1 - u_2) s C - \frac{u_2}{R} - u_2 s C = 0$$

$$u_2 s C + \frac{u_{\text{ut}}}{R_1} = 0$$

Ger:

$$u_2 = -\frac{u_{\text{ut}}}{s R_1 C}$$

$$u_1 s C = u_2 \left(\frac{1}{R} + 2 s C \right)$$

$$u_1 = u_2 \cdot \frac{1 + 2 s R C}{s R C}$$

$$s C u = u_1 \left(\frac{1}{R} + 2 s C \right) - u_2 s C$$

$$u = u_1 \cdot \frac{1 + 2 s R C}{s R C} - u_2$$

Eliminera u_1 :

$$u = u_2 \left[\left(\frac{1 + 2 s R C}{s R C} \right) \left(\frac{1 + 2 s R C}{s R C} \right) - 1 \right]$$

Eliminera u_2 :

$$u = -\frac{u_{\text{ut}}}{s R_1 C} \left[\left(\frac{1 + 2 s R C}{s R C} \right)^2 - 1 \right]$$

Slingförstärkning $T = u_{\text{ut}}/u$. I gränsfallet: självsvänging då $T = 1$ ($u_{\text{ut}} = u$).

Alltså

$$1 = -\frac{1}{s R_1 C} \left[\left(\frac{1 + 2 s R C}{s R C} \right)^2 - 1 \right]$$

$$s R_1 C (s R C)^2 = -(1 + 2 s R C) + (s R C)^2$$

$$s^3 R_1 R^2 C^3 = -(1 + 4 s R C + 4 s^2 R^2 C^2) + s^2 R^2 C^2$$

$$\text{Re VL} = \text{Re HL}, \quad \text{Im VL} = \text{Im HL}$$

$$-i \omega^3 R_1 R^2 C^3 = -1 - 4i \omega R C + 4\omega^2 R^2 C^2 - \omega^2 R^2 C^2$$

Realdelar:

$$1 = 3 \omega^2 R C^2$$

$$\omega^2 = \frac{1}{3 R^2 C^2}$$

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{3} R C}, \quad \text{vinkelfrekvens vid självsvängning}$$

Imaginärdelar:

$$\omega^3 R_1 R^2 C^3 = 4 R C \omega$$

$$R_1 = \frac{\omega \cdot 4 R C}{\omega^3 R^2 C^3} = \frac{4}{\omega^2 R C^2} = \frac{4 \cdot 3 R^2 C^2}{R C^2} = 12 R = 12 \text{ k}\Omega$$

Uppgift 2006–08–30:6 (fig2)

Beräkna arbetspunkten (kollektorström, kollektor-emitter-spänning) för transistorerna T_1 och T_2 i kretsen. Ansätt $u_1 = u_2$ i jämviktsläget där arbetspunkten beräknas. $u_{BE} = 0.7 \text{ V}$ i det aktiva området för alla transistorer, samt $u_D = 0.7 \text{ V}$ för varje diod då dessa är ledande. Strömförstärkning: $T_1, T_2: \beta = 200; T_3: \beta_3 = 100$. $R_C = 28 \text{ k}\Omega$, $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 1.4 \text{ k}\Omega$, $E = 12 \text{ V}$.

Antag att transistorerna är i sina aktiva områden. Antag att dioderna leder. KVL

$$u_D + u_D = u_{BE} + I_2 R_2$$

$$I_2 = \frac{2 u_D - u_{BE}}{R_2} = \dots = 0.5 \text{ mA}$$

$$I_3 + \frac{I_3}{\beta_3} = I_2$$

$$I_3 = \frac{I_2}{1 + \frac{1}{\beta_3}}$$

KCL:

$$2 I_E = I_3$$

$$I_E = \frac{I_3}{2} = I_C + I_B = I_C + \frac{I_C}{\beta}$$

$$I_C = \frac{I_E}{1 + \frac{1}{\beta}} = \frac{\frac{I_3}{2}}{1 + \frac{1}{\beta}} = \frac{1}{2} \cdot \frac{I_2}{1 + \frac{1}{\beta_3}} \cdot \frac{1}{1 + \frac{1}{\beta}} = \dots = 0.246 \text{ mA}$$

Kollektor-emitterspänning: KVL ($u_1 = u_2 = 0$)

$$E = R_C I_C + U_{CE} - U_{BE}$$