

Experiment: TIA simple Z3 Z5 ZL

Filter 1

Filter Type: GE

$$\begin{aligned} Z(s) &: \left(\infty, \infty, R_3, \infty, R_4, L_L s + R_L + \frac{1}{C_L s} \right) \\ H(s) &: \frac{R_3(R_4 g_m - 1)(C_L L_L s^2 + C_L R_L s + 1)}{2C_L L_L R_3 g_m s^2 + C_L L_L R_4 g_m s + C_L L_L s^2 + C_L R_3 R_4 g_m s + 2C_L R_3 R_L g_m s + C_L R_3 s + C_L R_4 R_L g_m s + C_L R_L s + 2R_3 g_m + R_4 g_m + 1} \\ \mathbf{Q}: & \frac{L_L \sqrt{\frac{1}{C_L^2 L_L^2}} (2R_3 g_m + R_4 g_m + 1)}{R_3 R_4 g_m + 2R_3 R_L g_m + R_3 + R_4 R_L g_m + R_L} \\ \omega_0 &: \sqrt{\frac{1}{C_L L_L}} \\ \text{Bandwidth:} & \frac{R_3 R_4 g_m + 2R_3 R_L g_m + R_3 + R_4 R_L g_m + R_L}{L_L (2R_3 g_m + R_4 g_m + 1)} \\ \mathbf{Qz}: & \frac{L_L \sqrt{\frac{1}{C_L^2 L_L^2}}}{R_L} \end{aligned}$$

Filter 2

Filter Type: GE

$$\begin{aligned} Z(s) &: \left(\infty, \infty, R_3, \infty, R_4, \frac{L_L s}{C_L L_L s^2 + 1} + R_L \right) \\ H(s) &: \frac{R_3(R_4 g_m - 1)(C_L L_L R_L s^2 + L_L s + R_L)}{C_L L_L R_3 R_4 g_m s^2 + 2C_L L_L R_3 R_L g_m s + C_L L_L R_4 s^2 + C_L L_L R_3 s^2 + C_L L_L R_L g_m s + C_L L_L R_L s^2 + 2L_L R_3 g_m s + L_L s + R_3 R_4 g_m + 2R_3 R_L g_m + R_3 + R_4 R_L g_m + R_L} \\ \mathbf{Q}: & \frac{C_L \sqrt{\frac{1}{C_L^2 L_L^2}} (R_3 R_4 g_m + 2R_3 R_L g_m + R_3 + R_4 R_L g_m + R_L)}{2R_3 g_m + R_4 g_m + 1} \\ \omega_0 &: \sqrt{\frac{1}{C_L L_L}} \\ \text{Bandwidth:} & \frac{2R_3 g_m + R_4 g_m + 1}{C_L (R_3 R_4 g_m + 2R_3 R_L g_m + R_3 + R_4 R_L g_m + R_L)} \\ \mathbf{Qz}: & C_L R_L \sqrt{\frac{1}{C_L^2 L_L^2}} \end{aligned}$$

Filter 3

Filter Type: GE

$$\begin{aligned} Z(s) &: \left(\infty, \infty, R_3, \infty, L_4 s + \frac{1}{C_4 s}, R_L \right) \\ H(s) &: \frac{R_3 R_L (C_4 L_4 g_m s^2 - C_4 s + g_m)}{C_L L_4 R_3 g_m s^2 + C_4 L_4 R_L g_m s + C_4 L_4 R_L s^2 + 2C_4 R_3 R_L g_m s + C_4 R_3 s + C_4 R_L s + R_3 g_m + R_L g_m} \\ \mathbf{Q}: & \frac{L_4 g_m \sqrt{\frac{1}{C_4^2 L_4^2}} (R_3 + R_L)}{2R_3 R_L g_m + R_3 + R_L} \\ \omega_0 &: \sqrt{\frac{1}{C_4 L_4}} \\ \text{Bandwidth:} & \frac{2R_3 R_L g_m + R_3 + R_L}{L_4 g_m (R_3 + R_L)} \\ \mathbf{Qz}: & -L_4 g_m \sqrt{\frac{1}{C_4^2 L_4^2}} \end{aligned}$$

Filter 4

Filter Type: GE

$$\begin{aligned} Z(s) &: \left(\infty, \infty, R_3, \infty, \frac{L_4 s}{C_4 L_4 s^2 + 1}, R_L \right) \\ H(s) &: \frac{R_3 R_L (-C_4 L_4 s^2 + L_4 g_m s - 1)}{2C_4 L_4 R_3 R_L g_m s^2 + C_4 L_4 R_3 s^2 + C_4 L_4 R_L s^2 + L_4 R_L g_m s + 2R_3 R_L g_m + R_3 + R_L} \\ \mathbf{Q}: & \frac{C_4 \sqrt{\frac{1}{C_4^2 L_4^2}} (2R_3 R_L g_m + R_3 + R_L)}{g_m (R_3 + R_L)} \\ \omega_0 &: \sqrt{\frac{1}{C_4 L_4}} \\ \text{Bandwidth:} & \frac{g_m (R_3 + R_L)}{C_4 (2R_3 R_L g_m + R_3 + R_L)} \\ \mathbf{Qz}: & -\frac{C_4 \sqrt{\frac{1}{C_4^2 L_4^2}}}{g_m} \end{aligned}$$

Filter 5

Filter Type: GE

$$\begin{aligned} Z(s) &: \left(\infty, \infty, R_3, \infty, L_4 s + R_4 + \frac{1}{C_4 s}, R_L \right) \\ H(s) &: \frac{R_3 R_L (C_4 L_4 g_m s^2 + C_4 R_4 g_m s - C_4 s + g_m)}{C_L L_4 R_3 g_m s^2 + C_L L_4 R_L g_m s^2 + C_L R_3 R_4 g_m s + 2C_4 R_3 R_L g_m s + C_4 R_3 s + C_4 R_4 R_L g_m s + C_L R_L s + R_3 g_m + R_L g_m} \\ \mathbf{Q}: & \frac{L_4 g_m \sqrt{\frac{1}{C_4^2 L_4^2}} (R_3 + R_L)}{R_3 R_4 g_m + 2R_3 R_L g_m + R_3 + R_4 R_L g_m + R_L} \\ \omega_0 &: \sqrt{\frac{1}{C_4 L_4}} \\ \text{Bandwidth:} & \frac{R_3 R_4 g_m + 2R_3 R_L g_m + R_3 + R_4 R_L g_m + R_L}{L_4 g_m (R_3 + R_L)} \\ \mathbf{Qz}: & \frac{L_4 g_m \sqrt{\frac{1}{C_4^2 L_4^2}}}{R_3 g_m - 1} \end{aligned}$$

Filter 6

Filter Type: GE

$$\begin{aligned} Z(s) &: \left(\infty, \infty, R_3, \infty, \frac{1}{C_4 s + \frac{1}{L_4 s} + \frac{1}{L_4 s}}, R_L \right) \\ H(s) &: \frac{R_3 R_L (-C_4 L_4 R_L s^2 + L_4 R_4 g_m s - L_4 s - R_4)}{2C_L L_4 R_3 R_L R_L g_m s^2 + C_L L_4 R_3 R_L s^2 + C_L L_4 R_4 R_L s^2 + L_4 R_3 R_4 g_m s + 2L_4 R_3 R_L g_m s + L_4 R_3 s + L_4 R_4 R_L g_m s + L_4 R_L s + 2R_3 R_L g_m + R_3 R_L + R_L R_L} \\ \mathbf{Q}: & \frac{C_L R_4 \sqrt{\frac{1}{C_L^2 L_4^2}} (2R_3 R_L g_m + R_3 + R_L)}{R_3 R_4 g_m + 2R_3 R_L g_m + R_3 + R_4 R_L g_m + R_L} \\ \omega_0 &: \sqrt{\frac{1}{C_L L_4}} \\ \text{Bandwidth:} & \frac{R_3 R_4 g_m + 2R_3 R_L g_m + R_3 + R_4 R_L g_m + R_L}{C_L R_4 (2R_3 R_L g_m + R_3 + R_L)} \\ \mathbf{Qz}: & -\frac{C_L R_4 \sqrt{\frac{1}{C_L^2 L_4^2}}}{R_4 g_m - 1} \end{aligned}$$

Filter 7

Filter Type: GE

$$\begin{aligned} Z(s) &: \left(\infty, \infty, R_3, \infty, \frac{L_4 s}{C_L L_4 s^2 + 1} + R_4, R_L \right) \\ H(s) &: \frac{R_3 R_L (C_L L_4 R_4 g_m s^2 - C_L L_4 s^2 + L_4 g_m s + R_4 g_m - 1)}{C_L L_4 R_3 R_L g_m s^2 + 2C_L L_4 R_3 R_L g_m s + C_L L_4 R_3 s^2 + C_L L_4 R_L g_m s + C_L L_4 R_L s^2 + L_4 R_3 g_m s + L_4 R_L s + 2R_3 R_L g_m + R_3 + R_4 R_L g_m + R_L} \\ \mathbf{Q}: & \frac{C_L R_4 \sqrt{\frac{1}{C_L^2 L_4^2}} (2R_3 R_L g_m + R_3 + R_L)}{R_3 R_4 g_m + 2R_3 R_L g_m + R_3 + R_4 R_L g_m + R_L} \\ \omega_0 &: \sqrt{\frac{1}{C_L L_4}} \\ \text{Bandwidth:} & \frac{R_3 R_4 g_m + 2R_3 R_L g_m + R_3 + R_4 R_L g_m + R_L}{C_L R_4 (2R_3 R_L g_m + R_3 + R_L)} \\ \mathbf{Qz}: & -\frac{C_L R_4 \sqrt{\frac{1}{C_L^2 L_4^2}}}{R_4 g_m - 1} \end{aligned}$$

Filter 8

Filter Type: GE

$$\begin{aligned} Z(s) &: \left(\infty, \infty, R_3, \infty, \frac{R_4 (L_4 s + \frac{1}{C_L s})}{L_4 s + R_4 + \frac{1}{C_L s}}, R_L \right) \\ H(s) &: \frac{R_3 R_L (C_L L_4 R_4 g_m s^2 - C_L L_4 s^2 - C_L R_4 s + R_4 g_m - 1)}{C_L L_4 R_3 R_4 g_m s^2 + 2C_L L_4 R_3 R_L g_m s^2 + C_L L_4 R_3 s^2 + C_L L_4 R_L g_m s + C_L L_4 R_L s^2 + 2C_L R_3 R_L g_m s + C_L R_3 s + C_L R_4 R_L s + R_3 R_4 g_m + 2R_3 R_L g_m + R_3 + R_4 R_L g_m + R_L} \\ \mathbf{Q}: & \frac{L_4 \sqrt{\frac{1}{C_L^2 L_4^2}} (R_3 R_4 g_m + 2R_3 R_L g_m + R_3 + R_4 R_L g_m + R_L)}{R_4 (2R_3 R_L g_m + R_3 + R_L)} \\ \omega_0 &: \sqrt{\frac{1}{C_L L_4}} \\ \text{Bandwidth:} & \frac{R_4 (2R_3 R_L g_m + R_3 + R_L)}{L_4 (R_3 R_4 g_m + 2R_3 R_L g_m + R_3 + R_4 R_L g_m + R_L)} \\ \mathbf{Qz}: & \frac{L_4 \sqrt{\frac{1}{C_L^2 L_4^2}} (-R_4 g_m + 1)}{R_4} \end{aligned}$$

Filter 9

Filter Type: GE

$$\begin{aligned} Z(s) &: \left(\infty, \infty, L_3 s + R_3 + \frac{1}{C_3 s}, \infty, R_4, R_L \right) \\ H(s) &: \frac{R_3 (R_4 g_m - 1)(C_3 L_3 s^2 + C_3 R_3 s + 1)}{C_3 L_3 R_3 R_4 g_m s^2 + 2C_3 L_3 R_3 R_L g_m s^2 + C_3 L_3 R_3 s^2 + C_3 R_3 R_4 g_m s + 2C_3 R_3 R_L g_m s + C_3 R_3 s + C_3 R_4 R_L g_m s + C_3 R_L s + R_3 g_m + 2R_L g_m + 1} \\ \mathbf{Q}: & \frac{L_3 \sqrt{\frac{1}{C_3^2 L_3^2}} (R_4 g_m + 2R_L g_m + 1)}{R_3 R_4 g_m + 2R_3 R_L g_m + R_3 + R_4 R_L g_m + R_L} \\ \omega_0 &: \sqrt{\frac{1}{C_3 L_3}} \\ \text{Bandwidth:} & \frac{R_3 R_4 g_m + 2R_3 R_L g_m + R_3 + R_4 R_L g_m + R_L}{L_3 (R_4 g_m + 2R_L g_m + 1)} \end{aligned}$$

Qz: $\frac{L_3\sqrt{\frac{1}{C_3L_3}}}{R_3}$

Filter 10

Filter Type: GE

$Z(s)$: $\left(\infty, \infty, \frac{L_3s}{C_3L_3s^2+1} + R_3, \infty, R_4, R_L\right)$

$H(s)$: $\frac{R_L(R_4g_m-1)(C_3L_3R_3s^2+L_3s+R_3)}{C_3L_3R_3R_4g_ms^2+2C_3L_3R_3R_Lg_ms^2+C_3L_3R_3s^2+C_3L_3R_4R_Lg_ms^2+C_3L_3R_Ls^2+L_3R_4g_ms+2L_3R_Lg_ms+L_3s+R_3R_4g_m+2R_3R_Lg_m+R_3+R_4R_Lg_m+R_L}$

Q: $\frac{C_3\sqrt{\frac{1}{C_3^2L_3}}(R_3R_4g_m+2R_3R_Lg_m+R_3+R_4R_Lg_m+R_L)}{R_4g_m+2R_Lg_m+1}$

ω_0 : $\sqrt{\frac{1}{C_3L_3}}$

Bandwidth: $\frac{R_4g_m+2R_Lg_m+1}{C_3(R_3R_4g_m+2R_3R_Lg_m+R_3+R_4R_Lg_m+R_L)}$

Qz: $C_3R_3\sqrt{\frac{1}{C_3L_3}}$