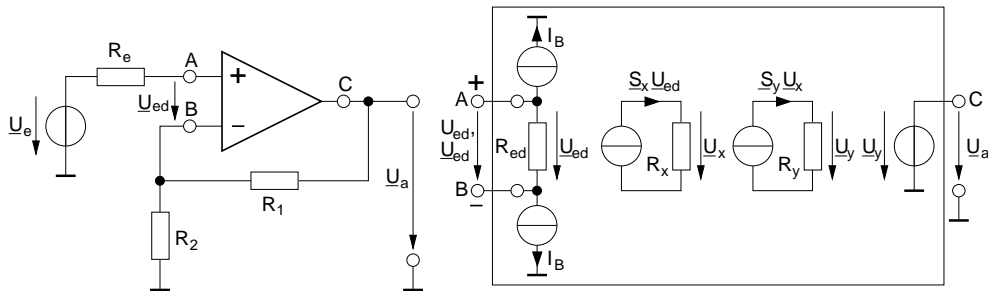


A) Rechnen mit dem realen Operationsverstärker

Gegeben ist die folgende Operationsverstärker-Schaltung mit dem Ersatzschaltbild des Operationsverstärkers auf der rechten Seite. Der differentielle Eingangswiderstand  $R_e$  beträgt  $50\text{K}\Omega$ ,  $I_B$  sind Konstantstromquellen, die die Basisströme der Transistoren des Operationsverstärker-Eingangs im Arbeitspunkt modellieren.

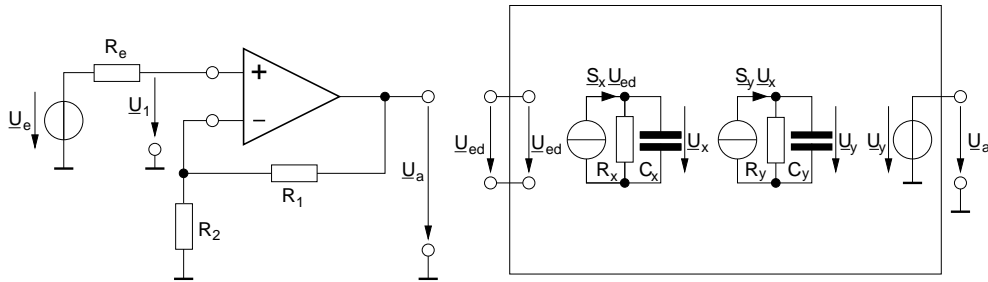


1. Berechnen Sie die Wechselspannungs-Kleinsignal-Verstärkung  $v_u = v_0 = \frac{U_a}{U_{ed}}$  des Operationsverstärkers für den Fall  $S_x = 10\text{mS}$ ,  $S_y = 100\text{mS}$ ,  $R_x = 100\text{K}\Omega$ ,  $R_y = 10\text{K}\Omega$ .
2. Die Gesamtschaltung soll eine Verstärkung  $\frac{U_a}{U_e} = 10$  haben. Bestimmen Sie die Werte  $R_1$  und  $R_2$  unter der Annahme eines idealen Operationsverstärkers mit  $v_0 = \infty$  und  $R_{ed} = \infty$ . Als Randbedingung, soll die Gleichspannungskomponente  $U_{ed}$  der Eingangsdifferenzspannung unabhängig von den Basisströmen  $I_B$  sein.

Der Verstärker soll jetzt mit seinen realen Werten  $R_{ed} = 1\text{M}\Omega$  und  $v_0$  aus Punkt 1) betrachtet werden. Wenn Sie unter Punkt 1) kein Ergebnis erzielt haben, verwenden Sie  $v_0 = 10^6$ .

3. Welchen Wert nimmt die Spannungsverstärkung  $\frac{U_a}{U_e}$  mit den unter Aufgabenteil 2) bestimmten Werten jetzt an?

Die Schaltung soll auf ihre dynamischen Eigenschaften untersucht werden. Dazu werden die Schaltbilder um die Kapazitäten in der nachfolgenden Abbildung erweitert. Der Eingangswiderstand  $R_{ed}$  soll vernachlässigt werden. Es gilt  $C_x = 16\text{pF}$ ,  $C_y = 16\text{pF}$ .



4. Zeichnen Sie die Verstärkung  $F_a = \frac{U_a}{U_{ed}}$  des Operationsverstärkers nach Betrag und Phase in ein Bode-Diagramm.
5. Bestimmen Sie die Übertragungsfunktion der Gesamtschaltung  $\frac{U_a}{U_e}$  in der allgemeinen Form  $F(j\omega) = \frac{U_a}{U_e} = \frac{F_a(j\omega)}{1 + F_a(j\omega)F_2(j\omega)}$ . Geben Sie den Ausdruck für die Schleifenverstärkung in logarithmischer Form an und stellen Sie diesen in einem Bode-Diagramm dar.
6. Bestimmen Sie die Frequenz, bei der der Betrag der Schleifenverstärkung den Wert Eins annimmt. Wie groß ist die Phasenreserve bei dieser Frequenz?
7. Zeigen Sie, wie Sie zu den Ergebnissen aus 6) gelangen indem Sie die inverse Rückführungsverstärkung  $-a_{dB}(\frac{1}{F_2(j\omega)})$  in das Bode-Diagramm des Frequenzganges des Operationsverstärkers aus Punkt 4) einzeichnen.
8. Ist die Schaltung stabil? Wie groß ist die Phasenreserve? Ist diese Dimensionierung problematisch?
9. Sie wollen eine Phasenreserve von  $45^\circ$  einstellen indem Sie parallel zu  $R_2$  einen Kondensator  $C_p$  schalten. Bestimmen Sie die dafür notwendige Kapazität. Welchen entscheidenden Nachteil hat diese Art der Kompensation durch Erzeugen eines Frequenzganges im Rückkoppelnetzwerk?
10. Machen Sie einen Vorschlag wie eine Kompensation zur Erhöhung der Phasenreserve besser erzielt werden kann.