



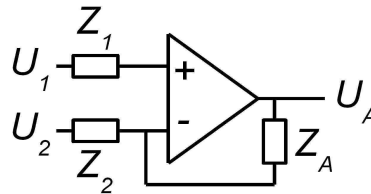
Wie OP Schaltungen berechnet werden

Der OP ist das Arbeitspferd der Analogelektronik.

Hier lernen Sie einfache Methoden kennen, das Verhalten von OP Schaltungen zu berechnen.

Schaltungen mit einem idealen OP

Hier sieht man eine typische OP-Schaltung: Der Ausgang U_A ist über ein Rückkopplungsnetzwerk Z_A mit dem invertierenden Eingang des OP verbunden. Die beiden Eingangsspannungen U_1 und U_2 sind ebenfalls über Netzwerke Z_1 und Z_2 mit den OP Eingängen verbunden.



Was wird passieren?

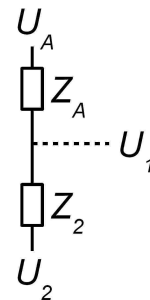
Da die Eingangsströme des idealen OP Null sind, liegt am nicht invertierenden Eingang direkt die Spannung U_1 an: $U_+ = U_1$. Die Spannung am Ausgang U_A ist natürlich $U_A = V_U \cdot (U_+ - U_-)$. Und nun die zentrale Erkenntnis: Wenn U_A endlich groß sein soll, obwohl die Verstärkung V_U unendlich groß ist, so muss die Spannungsdifferenz $(U_+ - U_-) = 0$ sein. Bei einem negativ rückgekoppelten idealen OP liegt also an beiden Eingängen das gleiche Potential $U_+ = U_-$.

Man kann diese Erkenntnis in dem Ersatzschaltbild rechts zusammenfassen: Da auch in den invertierenden Eingang kein Strom fließt, sind die Ströme durch Z_A und Z_2 gleich groß. Also gilt

$$\frac{U_A - U_1}{Z_A} = \frac{U_1 - U_2}{Z_2}$$

Aufgelöst nach U_A ergibt sich das Endergebnis

$$U_A = \frac{Z_2 + Z_A}{Z_2} \cdot U_1 - \frac{Z_A}{Z_2} \cdot U_2$$



Dieses beinhaltet die Spezialfälle des invertierenden Verstärkers ($U_1 = 0$) und des nicht invertierenden Verstärkers ($U_2 = 0$)

Die Methode kann wie folgt zusammengefasst werden:

Man ersetzt die OP Schaltung durch einen unbelasteten Spannungsteiler, bei dem zwischen Ein- und Ausgang das Potential $U_1 = U_+$ angenommen wird.

Sie funktioniert bei negativ rückgekoppelten Schaltungen mit idealem OP.

OP mit endlicher Verstärkung

Hier gilt noch $U_+ = U_1$ aber nicht mehr $U_- = U_1$. Zur Berechnung ersetzt man im Ersatzschaltbild das zunächst unbekanntes $U_1 \rightarrow U_-$, aber wegen $U_A = V_U \cdot (U_+ - U_-)$ leicht berechnete $U_- = U_1 - U_A / V_U$. Netto ergibt sich:
Im Ersatzschaltbild wird einfach U_1 durch $U_1 - U_A / V_U$ ersetzt.

OP mit endlicher Verstärkung und Offsetspannung

Wenn die Offsetspannung diejenige ist, die man anlegen muss, um am Ausgang Null zu bekommen, so gilt $U_A = V_U \cdot (U_+ - U_- - U_{\text{offset}})$. Nach U_- aufgelöst wird mit $U_+ = U_1$ dann $U_- = U_1 - U_A / V_U - U_{\text{offset}}$. Netto ergibt sich:
Im Ersatzschaltbild wird U_1 durch $U_1 - U_A / V_U - U_{\text{offset}}$ ersetzt.

Fachbereich Elektrotechnik
statt Informatik
Elektroniklabor
Prof. Dr. Martin Poppe