

Handout zum Referat „Operationsverstärker“

Lukas Hey, Gruppe B – 3

Funktion und Aufbau

Der Operationsverstärker (kurz: „OPV“) ist als Anwendung des Differenzverstärkers ein aktives analoges Bauelement. Er wird mit seinen linearen Eigenschaften vor allem in der Mess-, und Regelungstechnik eingesetzt, aber auch in der Automatisierungstechnik oder für Rechenoperationen verwendet.

Die Struktur des OPV lässt sich in drei Bereiche unterteilen. Der Eingangsstufe, die als Differenzverstärker realisiert wird. Diese besitzt zwei Eingänge, die nach ihrer Funktion benannt sind, nämlich den invertierenden, und den nicht-invertierenden Eingang und liefert die Differenz der beiden Spannungen. Diese wird in der zweiten Stufe, der Koppel-, oder Treiberstufe, spannungsverstärkt und dient außerdem als Übergang zur dritten Stufe, der Endstufe. Diese dient der Leistungsverstärkung und wird zum Beispiel als Verstärkerschaltung im AB-Betrieb verwirklicht und hat einen Ausgang. Somit ist der Operationsverstärker in erster Linie ein Leistungsverstärker mit der Besonderheit, dass er Spannungsdifferenzen verstärkt. Üblicherweise wird der Operationsverstärker mit einer positiven und einer negativen Versorgungsspannung gespeist, die typischerweise etwa zwischen +- 3 Volt und +- 15 Volt liegt.

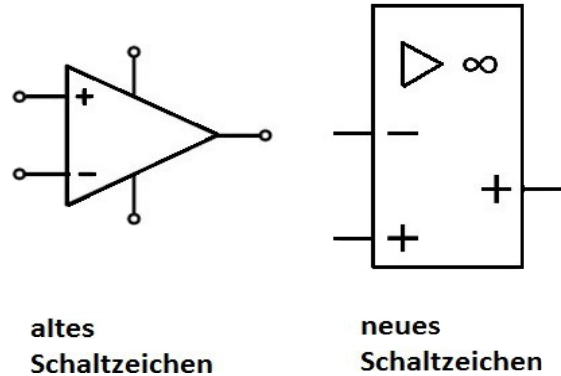


Abbildung 1: Altes und neues Schaltzeichen nach DIN40900

Eigenschaften des OPV

Bei der Betrachtung der Eigenschaften eines OPV wird unterschieden in Eigenschaften eines idealen OPV und eines realen OPV. Eine Übersicht über die wichtigsten Eigenschaften gibt die folgende Tabelle.

Größe	Ideal	Real
V – Leerlaufverstärkung	∞	10.000 - 1.000.000
Re – Eingangswiderstand	∞	100 Ω k bis 1 M Ω
Ra – Ausgangswiderstand	0	10 Ω bis 5 k Ω
Gleichtaktunterdrückung	∞	~ 90 dB
Gleichtaktverstärkung	0	0,2
Transitfrequenz (0dB)	-	~ 1 MHz – 400 MHz

Aus diesen Eigenschaften lässt sich nun weiteres erkennen. Z.B Der hoch dimensionierte Eingangswiderstand hat zur Folge, dass man den Eingangsstrom im Allgemeinen vernachlässigen kann. Dadurch ist es möglich Signale aus schwachen Signalquellen zu verstärken, ohne durch eine Last das Ergebnis zu stark zu verfälschen. Die Verstärkung des OPV ist aufgrund seines Aufbaus spannungsabhängig. Dies begründet sich vor allem

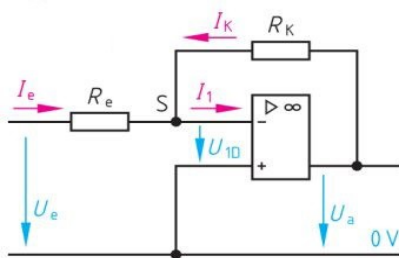
in der endlichen maximalen Schaltfrequenz der Transistoren. Somit fällt bei steigender Eingangsfrequenz die resultierende Leerlaufverstärkung ab. Die Transitfrequenz gibt dabei die Frequenz an, bei der keine Verstärkung mehr stattfindet, also eine Verstärkung von 0 dB vorliegt.

Es erscheint logisch, dass eine unendlich große Verstärkung praktisch nicht zu verwirklichen ist. Das Ausgangssignal kann bei einem realen OPV die Versorgungsspannung nicht überschreiten. Üblicherweise befindet sich der OPV bei bereits 1-2 Volt unter der Versorgungsspannung bereits in der Sättigung, das heißt, dass auch bei steigender Eingangsdifferenzspannung die Ausgangsspannung nicht ansteigen wird. Um eine geeignete definierte Verstärkung zu erhalten muss der OPV beschalten werden. Ein wichtiges Element dabei ist die Rückkopplung. Dabei wird das Ausgangssignal des OVP auf den invertierenden Eingang rückgekoppelt. Da der OPV als weitere Eigenschaft einer Spannungsdifferenz der Eingangsspannung entgegen wirkt, wird das zurück gekoppelte Signal die Spannungsdifferenz ausgleichen. Dies hat zur Folge, dass die Verstärkung abgeschwächt wird.

Grundschaltungen

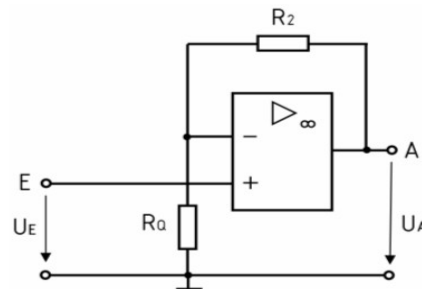
Im Folgenden werden einige Grundschaltungen und Gleichung zu Bestimmung der Ausgangsspannung angegeben.

Invertierer:



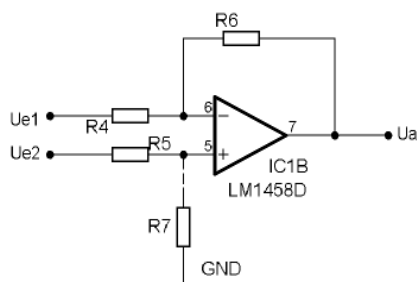
$$U_a = \frac{-R_K}{R_e} \cdot U_e$$

Nichtinvertierer:



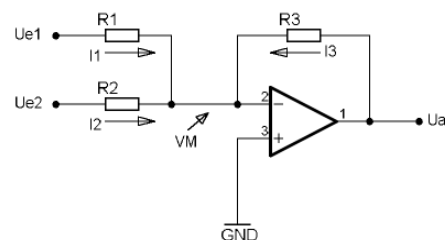
$$U_a = \left(1 + \frac{R_K}{R_Q}\right) \cdot U_e$$

Subtrahierer:



$$U_a = \frac{R_4(R_1 + R_2)}{R_1(R_3 + R_4)} \cdot U_{e2} - \frac{R_2}{R_1} \cdot U_{e1}$$

Addierer:



$$U_a = -\left(\frac{R_3}{R_{e1}} \cdot U_{e1} + \frac{R_3}{R_{e2}} \cdot U_{e2}\right)$$