

Francisca Da Cunha

„Operationsverstärkerreferat“

Hausarbeit

## Inhalt:

- Allgemeines
- Aufbau und Funktion eines Differenzverstärkers
- Aufbau und Funktion eines Operationsverstärkers
- Grundschaltung mit Operationsverstärkern
- Elektrometerverstärker
- Impedanzwandler
- Komparator
- Schmitt-Trigger

### Allgemeines

Ein Operationsverstärker „kurz „OPV“ genannt, ist ein mehrstufiger integrierter Gleichspannungsverstärker, dessen Eigenschaften durch die äußere Beschaltung beeinflusst wird.

Der Name kommt aus seinem Einsatzgebiet in den Analogrechnern. Früher zwischen 60er und 70er Jahren wurden sie nur zur Durchführung mathematischer Operationen verwendet. Die am häufigsten am Analogrechner vorkommenden Rechenoperationen sind das Addieren, Integrieren und Multiplizieren. Man konnte zum Beispiel recht einfach Differentialgleichungen nachbilden und in Echtzeit lösen.

### Aufbau und Funktion eines Differenzverstärkers

Das wesentliche Glied eines Operationsverstärkers ist der Differenzverstärker. Er besitzt gleich zwei Eingänge und einen Ausgang, wobei das Ausgangssignal der stark verstärkten Differenz der Eingangssignale entspricht.

Der Differenzverstärker ist folgenderweise aufgebaut: Er besteht aus zwei Emitterschaltungen, die auf einen gemeinsamen Emitterwiderstand arbeiten. Um die Eigenschaften der Schaltung zu verbessern, wird es eine Stromquelle verwendet, die die Aufgabe in der Schaltung hat den Strom auf einen bestimmten Wert zu begrenzen, besser formuliert den Strom unabhängig von der angelegte Spannung konstante zu halten.

Der Differenzverstärker wird üblicherweise mit einer positiv Versorgungsspannung und einer

genauso groß negativ Versorgungsspannung betrieben. Ein solcher Differenzverstärker ist in der Abbildung 1 dargestellt :

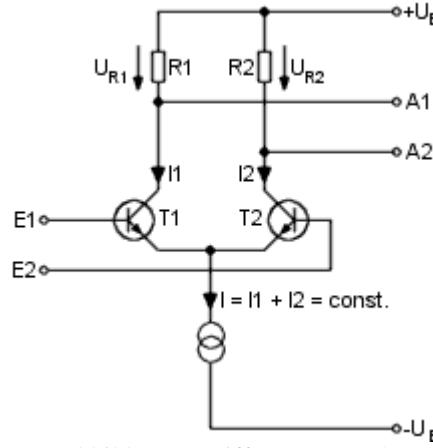


Abbildung 1: Differenzverstärker

Unter der Voraussetzung, dass die beiden Eingangsspannungen gleichhoch sind, sind auch die Kollektorströme  $I_1$  und  $I_2$  der beiden Transistoren  $T_1$  und  $T_2$  gleich hoch. An den beiden gleich großen Kollektorwiderständen  $R_1$  und  $R_2$  fällt daher eine gleichgroße Spannung ab, wodurch die beiden Ausgangsspannungen ebenfalls gleichgroß sind. Die Spannung an den beiden Emittoren und damit indirekt die Basis-Emitterspannung der beiden Transistoren stellt sich ganz automatisch so ein, dass genau der richtige Strom fließt, denn die Stromquelle lässt einfach nicht mehr Strom durch. Wenn beide Transistoren durch die gleiche Eingangsspannung gleichweit aufgesteuert werden, fließt durch beide der gleiche Strom. Und dieser Strom kann nur der immer konstante Strom der Stromquelle sein.

Ist die Eingangsspannung an  $T_1$  jedoch nur ganz geringfügig größer als die Eingangsspannung von  $T_2$ , so nimmt infolge der sehr steilen Abhängigkeit des Kollektorstroms von der Basisspannung der Kollektorstrom von  $T_1$  stark zu. Durch den stark erhöhten Strom durch  $T_1$  steigt auch der Spannungsabfall an  $R_1$  stark an, so dass die Ausgangsspannung an Ausgang  $A_1$  stark zurückgeht. Bei Ausgang  $A_2$  ist es wegen des viel kleineren Stroms umgekehrt. Die Differenz der Ausgangsspannung folgt mit hoher Verstärkung der Differenz der Eingangsspannung.

## Aufbau und Funktion eines Operationsverstärker

In der Abbildung 2 ist das Prinzipschaltbild eines Operationsverstärkers dargestellt :

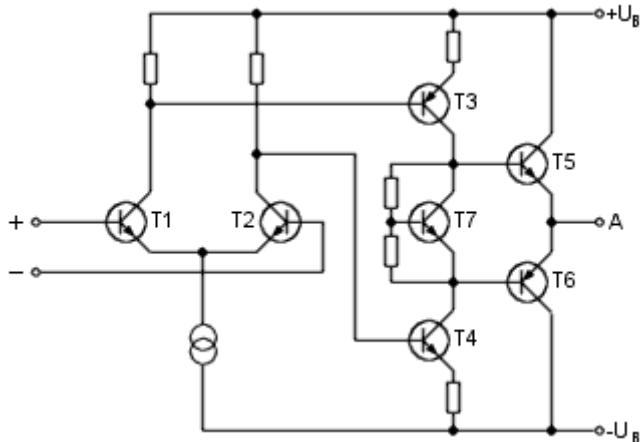


Abbildung 2: Prinzipschaltbild eines Operationsverstärkers

Es ist von der Funktion der Schaltung Folgendes zu erklären: Beide Ausgänge steuern die Treiberstufe in Emitterschaltung an, bestehend aus T3 und T4. T3 verstärkt das Ausgangssignal von T1 und T4 das Ausgangssignal von T2. T3 arbeitet dabei auf T4 und T4 auf T3 als "Kollektorwiderstand". Die beiden Ausgangssignale des Differenzverstärkers werden dadurch zu einem einzigen zusammengefasst, wobei sowohl eine Spannungs- als auch Stromverstärkung stattfindet. Transistor T7 sorgt für einen kleinen Pegelversatz zwischen oberem und unterem Ausgang, der erforderlich ist, damit durch die Endtransistoren T5 und T6 ein kleiner Ruhestrom fließt. Dadurch vermeidet man eine tote Zone um den Nullpunkt. Die sich dadurch ergebende tote Zone kann man dadurch umgehen, dass man mittels T7 eine entsprechende Vorspannung einstellt. Üblicherweise stellt man eine ganz geringfügig höhere Spannung ein, damit sich ein geringer Ruhestrom einstellt.

Von Gleichtaktverstärkung spricht man, wenn sich die Ausgangsspannung mit der Eingangsspannung ändert, obwohl die Eingangsspannungsdifferenz Null ist. Gleichzeitig ergibt sich bei Transistoren mit unterschiedlichen Kennlinien ein Versatz der Eingangsspannung, d.h. 0 V Ausgangsspannung erreicht man dann nicht mehr bei 0 V Eingangsspannungsdifferenz sondern beispielsweise bei 0,1 V.

Auch wenn moderne Operationsverstärker dem theoretischen Ideal schon sehr nahe kommen, so kann man doch durch die spezielle Ausgestaltung der Schaltung das Verhalten in eine bestimmte Richtung noch weiter verbessern.

## Grundschaltungen mit Operationsverstärkern

In der Abbildung 3 ist das Schaltzeichen eines Operationsverstärkers dargestellt. Ein Operationsverstärker besitzt einen Plus-, einen Minuseingang sowie einen Ausgang.

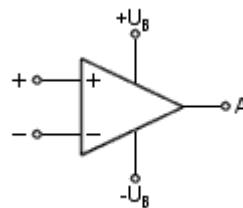


Abbildung 3: Schaltzeichen eines Operationsverstärkers

Ist der Pluseingang positiver als der Minuseingang, ist die Ausgangsspannung positiv. Ist der Minuseingang positiver als der Pluseingang, ist sie negativ.

## Elektrometerverstärker

Elektrometerverstärker, auch nichtinvertierende Verstärker genannt, besitzt einen sehr hohen Eingangswiderstand, und der Verstärkungsfaktor kann mittels zweier Widerstände auf einen Wert von 1 oder mehr eingestellt werden. In der Abbildung 4 ist ein Elektrometerverstärker dargestellt:

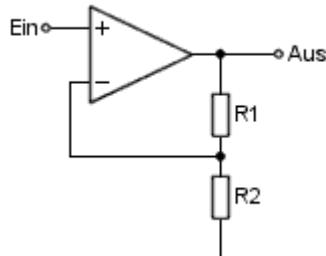


Abbildung 4: Nichtinvertierender Verstärker

Aufgrund der Tatsache, dass die Spannung am Minuseingang durch den aus den Widerständen R1 und R2 gebildeten Spannungsteiler aus der Ausgangsspannung gewonnen wird, ist die Ausgangsspannung um den Teilungsfaktor höher als die Eingangsspannung. Die Verstärkung berechnet sich zu  $v = 1 + R1/R2$ .

## Impedanzwandler

Er besitzt einen Verstärkungsfaktor von genau 1. Dieser Verstärkungsfaktor ist erreichbar genau dann, wenn der Widerstand R2 einen unendlich hohen Widerstandswert besitzt. Mit dem Formel  $v = 1 + R1/R2$  ist die Verstärkung zu berechnen. Die Abbildung 5 stellt einen Impedanzwandler dar:

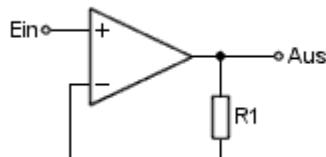


Abbildung 5: Impedanzwandler

## Komparator

Ein Komparator ist ein integrierter Baustein, der überwiegend zum Spannungsvergleich dient. Steuert man den OPV ohne äußere Gegenkopplung bis an die Sättigungsspannungen durch so arbeitet er als Schalter. Liegt am invertierenden Eingang (-) eine höhere Spannung als am nicht invertierenden (+), so liegt der Ausgang auf negativer Betriebsspannung. Liegt am nichtinvertierenden Eingang (+) eine höhere Spannung, dann besteht die Möglichkeit die positive maximale Spannung zu messen.

## Schmitt-Trigger

Der Schmitt-Trigger hat eine positive Mitkopplung ,d.h. es funktioniert genauso wie ein Komparator aber umgedreht. Dadurch kann die Ausgangsspannung nur zwischen den Aussteuergrenzen  $\pm$  maximale Ausgangsspannung springen. Durch die Rückkopplung entstehen für die Eingangsspannung nur zwei Schwellen , die ein Umschalten der Ausgangsspannung bewirken . Nach den Durchlaufen einer Schwelle muss erst die andere Schwelle durchlaufen werden, um eines erneuertes Umschalten zu erreichen .

Schmitt-Trigger werden zum einen in Zweipunkt –Reglern eingesetzt , zum anderen anstelle von Komparatoren , um ein Mehrfachumschalten bei gestörten Eingangssignalen zu vermeiden.