

Versuchsauswertung P2-59: Operationsverstärker

Kathrin Ender, Michael Walz
Gruppe 10

29. Juni 2008

Inhaltsverzeichnis

1	Emitterschaltung eines Transistors	2
1.1	Einstufiger Transistorverstärker	2
1.2	Verstärkung mit Emitterkondensator bei 1kHz	2
1.3	Verstärkung ohne Emitterkondensator bei 1kHz	2
1.4	Frequenzabhängigkeit der Verstärkung	3
2	Grundsaltungen eines Operationsverstärkers	3
2.1	Nichtinvertierender Verstärker	3
2.2	Eingangswiderstand und Ausgangswiderstand	4
2.3	Frequenzabhängigkeit der Verstärkung	4
3	Invertierende Grundsaltung	5
3.1	invertierender Verstärker	5
3.2	Addierer	5
3.3	Integrierer	5
3.4	Differenzierer	5
4	Komplexere Schaltungen	5

1 Emitterschaltung eines Transistors

1.1 Einstufiger Transistorverstärker

Wir bauten den einstufigen Transistorverstärker (Schaltbild siehe Vorbereitung) auf. Durch Beobachtung am Oszilloskop bestimmten wir die höchst mögliche Eingangsamplitude, bei der das Ausgangssignal noch unabgeschnitten zu erkennen ist, d.h. der Arbeitspunkt liegt hoch genug. Maximal konnten wir bei 1kHz eine Eingangsspannung von 25mV einstellen und erhielten eine Ausgangsspannung von 5V.

1.2 Verstärkung mit Emitterkondensator bei 1kHz

Um die Verstärkung der gleichstromgegekoppelten Schaltung (also mit Emitterkondensator) bei 1kHz zu bestimmen, maßen wir zu einigen Eingangsspannungen die entsprechenden Ausgangsspannungen. Am Oszilloskop laßen wir immer den Spannungswert von Spitze zu Spitze ab, also genau die doppelte Amplitude¹. Wir erhielten folgende Messwerte:

U_E^{SS}	U_A^{SS} Verstärkung	
50mV	10V	200
15mV	3V	200
25mV	5V	200

Die mittlere Verstärkung beträgt also $v = 200$.

1.3 Verstärkung ohne Emitterkondensator bei 1kHz

Nun sollte die Verstärkung der stromgegekoppelten Schaltung bestimmt werden. Wir erhielten folgende Messwerte:

U_E^{SS}	U_A^{SS} Verstärkung	
50mV	250mV	5,0
25mV	130mV	5,2

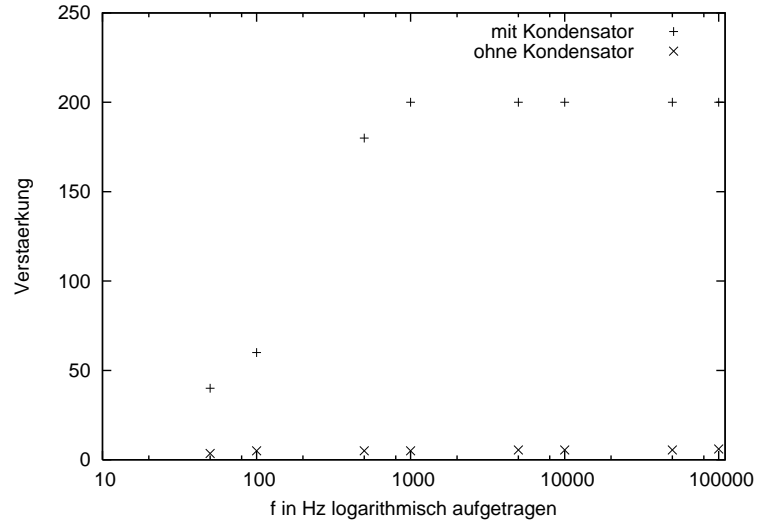
Für die mittlere Verstärkung erhalten wir also $v = 5,1$. Dieser Wert weicht um 8,5% vom theoretischen Wert $v = R_C/R_E = 4,7$ ab. Der Verstärkungsfaktor ohne Emitterkondensator ist wie erwartet viel niedriger als die mit Emitterkondensator.

¹Notation: U^{SS}

1.4 Frequenzabhängigkeit der Verstärkung

Es sollte die Frequenzabhängigkeit der Verstärkung für beide Schaltungen untersucht werden. Es ergaben sich folgende Messwerte:

f in Hz	v_1	v_2
50	40	3,5
100	60	5
500	180	5
1k	200	5
5k	200	5,5
10k	200	5,5
50k	200	5,5
100k	200	6



Es ist deutlich zu erkennen, dass die Verstärkung mit Kondensator deutlich unter der ohne Kondensator liegt. Bei kleinen Frequenzen sind beide Verstärkungen zunächst geringer. Die Verstärkung ohne Kondensator ist ansonsten nahezu konstant. Bei der Verstärkung mit Kondensator ist der Anstieg bei hohen Frequenzen deutlich zu erkennen. Die Verstärkung nähert sich schließlich einer konstanten Maximalverstärkung an.

2 Grundsaltungen eines Operationsverstärkers

2.1 Nichtinvertierender Verstärker

Wir bauten den nichtinvertierender Verstärker auf und maßen bei einer Frequenz $f = 1$ kHz bei verschiedenen Amplituden über das Oszilloskop die Spitze-Spitze-Spannungswerte von Eingangss- und Ausgangssignal:

U_E^{SS}	U_A^{SS}	Verstärkung $\frac{U_A}{U_E}$
90 mV	1,1 V	12,2
40 mV	0,5 V	12,5
15 mV	200 mV	13,3

Als Mittelwert ergibt sich eine Verstärkung von 12,7. Dies passt gut zum theoretischen Wert von 11.

2.2 Eingangswiderstand und Ausgangswiderstand

Zur Berechnung des Eingangswiderstandes schalteten wir einen $R_{\text{Test}} = 1 \text{ M}\Omega$ -Widerstand in Reihe zum Eingang der Schaltung und maßen den Spannungsabfall $U_R^{\text{eff}} = 32,6 \text{ mV}$ am Widerstand. Rechnet man den effektiven Spannungswert des Sinussignals in eine Spitze-Spitze-Spannung um, so erhält man

$$U_R^{\text{SS}} = 92,2 \text{ mV}$$

Für die Eingangsspannung maßen wir $U_E^{\text{SS}} = 150 \text{ mV}$. Damit ergibt sich für den Eingangswiderstand R_E :

$$R_E = R_{\text{Test}} \cdot \frac{U_E^{\text{SS}} - U_R^{\text{SS}}}{U_R^{\text{SS}}} = R_{\text{Test}} \cdot \left(\frac{U_E^{\text{SS}}}{U_R^{\text{SS}}} - 1 \right) = 0,63 \text{ M}\Omega$$

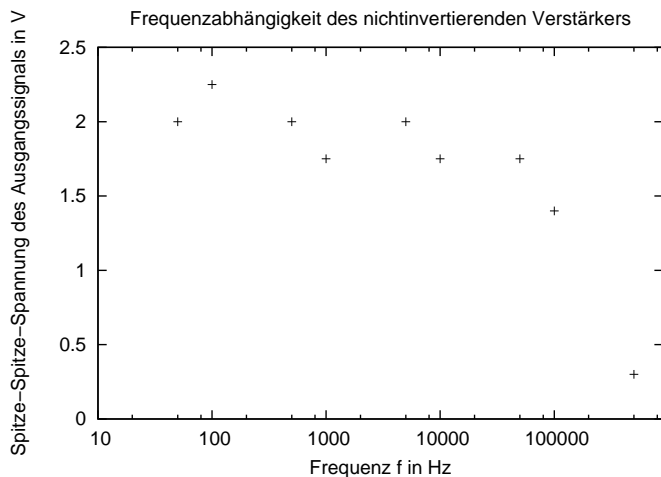
Für den Außenwiderstand schalten wir ein Potentiometer parallel zur Schaltung und stellten den Widerstand ein, bei dem die Ausgangsspannung etwas auf die Hälfte abfiel. Dann maßen wir den Widerstand des Potentiometer mit einem Multimeter und erhielten:

$$R = 20,9 \Omega$$

Dieser Widerstand entspricht dann dem Ausgangswiderstand des Operationsverstärkers.

2.3 Frequenzabhängigkeit der Verstärkung

Um die Frequenzabhängigkeit der Verstärkung zu messen, beobachteten wir ein sinusförmiges Eingangssignal mit einer Amplitude von 150 mV_{SS} und maßen bei verschiedenen Frequenzen die Ausgangsspannung, die im unteren Schaubild aufgetragen ist. Die Frequenzachse ist sinnvollerweise logarithmisch skaliert.



Wie man im Schaubild erkennen kann, bleibt die Verstärkung über einen großen Frequenzbereich konstant, um erst bei höheren Frequenzen deutlich einzubrechen.

Bei höheren Frequenzen entstanden Verzerrungen, die darauf zurückzuführen sind, dass der Operationsverstärker eine endliche Zeit größer null benötigt, um ein entsprechendes Signal zu liefern.

3 Invertierende Grundsaltung

3.1 invertierender Verstärker

Es sollte ein invertierender Verstärker mit einer Verstärkung von 10 aufgebaut werden. Die theoretische Verstärkung wird durch die Widerstände festgelegt $v = -R_2/R_1 = 10$. Eine Messung der Ein- und Ausgangsspannung bei 50kHz lieferte eine Verstärkung von 10,7. Dieser Wert weicht um 7% vom theoretischen Wert ab.

3.2 Addierer

Wir bauten den Addierer wie in der Vorbereitung beschrieben auf. Als Eingangssignale verwendeten wir eine sinusförmige Wechselspannung und Gleichstrom. Beim Gleichstromeingang haben wir als Widerstand das Potentiometer auf dem Experimentierboard verwendet. Die Funktionsweise des Addierers war am Oszilloskop gut zu erkennen: durch Drehen am Potentiometer könnte die Sinuskurve auf dem Oszilloskop nach oben und unten verschoben werden.

3.3 Integrierer

Um die Funktionsweise des Integrierers zu testen legten wir eine Rechteckspannung an. Wie zu erwarten erhielten wir als Ausgangssignal eine Dreiecksspannung.

3.4 Differenzierer

Auch den Differenzierer bauten wir auf. Bei einer Dreiecksspannung als Eingangssignal erhielten wir eine Rechteckspannung als Ausgangssignal. Interessant war, dass an den nicht differenzierbaren Stellen der Dreiecksspannung die Rechteckspannung leicht „auffaserte“.

Dies ist vergleichbar mit den Überschwüngen, die auftreten, wenn man eine Sprungfunktion in Fourierreihen entwickelt. (Gibbssches Phänomen)

4 Komplexere Schaltungen

Die drei etwas komplexeren Schaltungen bauten wir in Gruppenarbeit auf. Alle gebauten Schaltungen funktionierten ohne größere Probleme. Die entsprechende Theorie wurde bereits in der Vorbereitung behandelt.