

Auswertung P2-60 – Transistor- und Operationsverstärker

Michael Prim & Tobias Volkenandt

26. Juni 2006

Aufgabe 1.1 – Einstufiger Transistorverstärker

Wir bauten die Schaltung gemäß Bild 1 auf, wobei wir den $4,7\text{mF}$ Kondensator, statt des entsprechenden 5mF verwendeten, da ein solcher nicht vorhanden war.

Eine Messung ergab einen Arbeitspunkt von $7,9\text{V}$, was etwa der halben Betriebsspannung von 15V entspricht.

Aufgabe 1.2 – Verstärkung

Wir legten eine Dreiecksspannung mit $f = 1,055\text{kHz}$ an und beobachteten am Oszilloskop das Ausgangssignal U_a , zusammen mit dem Eingangssignal U_e .

Die Spannungen sind jeweils als Spitze-Spitze Werte angegeben. Die Verstärkung v berechnet sich nach $v = U_a/U_e$.

U_a [V]	U_e [V]	v
2	0,010	200,000
4	0,028	142,857
8	0,052	153,846
10	0,068	147,059

Tabelle 1: Messwerte Transistorverstärker

Daraus ergibt sich die mittlere Verstärkung $\bar{v} = 160,941$. Ein Referenzwert liegt nicht vor. Laut Praktikumsbetreuer, ist dies jedoch ein üblicher Wert.

Aufgabe 1.3 – Verstärkung ohne Emitterkondensator

Wir entfernten den Emitterkondensator C_e aus der Schaltung und legten wieder die Dreiecksspannung mit $f = 1,055\text{kHz}$ an. Anschließend führten wir eine analoge Messung wie in der letzten Teilaufgabe durch.

U_a [V]	U_e [V]	v
2	0,5	4
4	1,0	4
6	1,2	5
8	2,0	4

Tabelle 2: Messwerte Transistorverstärker ohne Emitterkondensator

Es ergab sich hierbei eine mittlere Verstärkung $\bar{v} = 4,25$, dies entspricht etwa dem theoretische Wert für den Verstärkungsfaktor, der bei $v = \frac{R_c}{R_e} = 4,7$ liegt.

Aufgabe 1.4 – Frequenzabhängigkeit des gegengekoppelten Verstärkers

Wir untersuchten nun die Frequenzabhängigkeit der Schaltung, indem wir Dreiecksspannungen mit Frequenzen zwischen 10Hz und 100kHz anlegten. Dabei wurde eine konstante Amplitude von $U_e = 1V$ (Spitze-Spitze) am Eingang angelegt. Somit konnten wir an der Amplitude der Ausgangsspannung U_a (Spitze-Spitze), direkt den Verstärkungsfaktor ablesen, ohne Umrechnungen durchführen zu müssen.

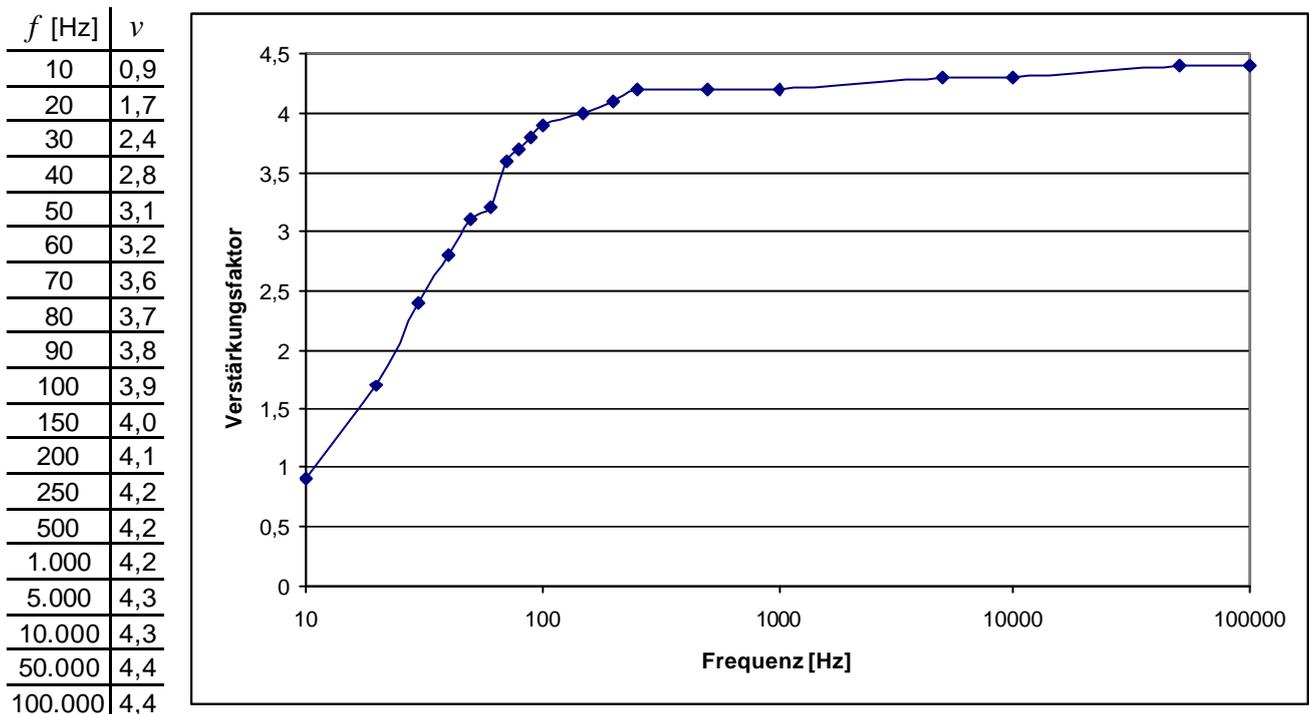


Tabelle 3 / Diagramm 1: Messwerte Frequenzabhängigkeit des Transistorverstärkers und Darstellung mit logarithmischer Skala

Stellt man die Messwerte mit einer logarithmischen Skala für die Frequenzen dar, erkennt man deutlich, dass im Bereich niedriger Frequenzen die Verstärkung stark ansteigt und ab etwa 100Hz in den gesättigten Bereich übergeht.

Aufgabe 2.1 – Nichtinvertierender Verstärker

Wir bauten den Operationsverstärker in nichtinvertierender Grundschaltung nach Bild 2 auf und legten eine Dreiecksspannung mit Frequenz $f = 1,055kHz$ an. Anschließend führten wir eine Messung der Eingangsspannung U_e und der Ausgangsspannung U_a (jeweils Spitze-Spitze) durch um den erwarteten etwa 10-fachen Verstärkungsfaktor zu überprüfen.

U_a [V]	U_e [V]	v
11,2	1,0	11,2

Tabelle 4: Messwerte Nichtinvertierender Verstärker

Der Verstärkungsfaktor von $v=11,2$ entspricht etwa dem theoretischen Wert von $v = \frac{R_1+R_2}{R_2} = 11$.

Aufgabe 2.2 – Demonstration von Ein- und Ausgangswiderstand

Indem wir den stärksten verfügbaren Widerstand von $R=1M\Omega$ vor den Verstärker schalteten, wollten wir den enormen Eingangswiderstand des Operationsverstärkers veranschaulichen. Wir stellten fest, dass dies keinen Effekt auf die Wirkungsweise des Operationsverstärkers hatte, woraus wir schließen, dass der Eingangswiderstand $R_e \gg 1M\Omega$ ist.

Indem wir den kleinsten verfügbaren Widerstand von $R=100\Omega$ hinter den Ausgang schalteten, konnten wir beobachten, dass die Verstärkung etwa auf die Hälfte reduziert wurde, woraus wir einen Ausgangswiderstand von $R_a \approx 100\Omega$ folgern.

Aufgabe 2.3 – Frequenzabhängigkeit der Verstärkung

Wir legten nun eine Sinusspannung mit $U_e=0,5V$ (Spitze-Spitze) an und führten Messungen der Ausgangsspannung U_a (Spitze-Spitze) für verschiedene Frequenzen der Sinusspannung durch.

Hieraus lässt sich wiederum der Verstärkungsfaktor berechnen und über einer logarithmischen Skala der Frequenz darstellen.

f [Hz]	U_a [V]	v
10	5,6	11,2
100	5,6	11,2
1.000	5,6	11,2
10.000	5,6	11,2
25.000	5,6	11,2
50.000	5,2	10,4
75.000	4,3	8,6
100.000	3,5	7,0

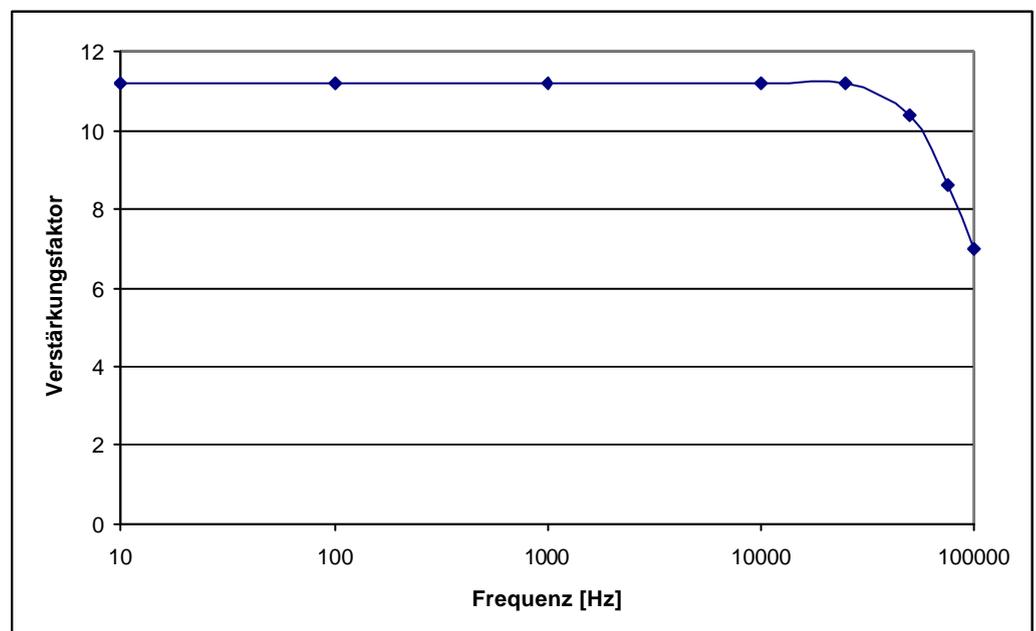


Tabelle 5 / Diagramm 2: Messwerte Frequenzabhängigkeit der Verstärkung und Darstellung mit logarithmischer Skala

Es ist deutlich zu erkennen, dass ab etwa 50000Hz die Verstärkung des Eingangssignals, wie erwartet, einzubrechen beginnt.

Aufgabe 3.1 – Invertierter Verstärker

Wir bauten gemäß Bild 3 den Operationsverstärker in invertierender Grundschialtung auf, welcher einen theoretischen Verstärkungsfaktor von $v = -R_2/R_1 = -10$ besitzt.

Anschließend führten wir eine Messung der Eingangsspannung U_e und Ausgangsspannung U_a durch, wobei wir sehen konnten, dass das Eingangssignal invertiert wurde, sowie folgende Werte annahmen:

U_a [V]	U_e [V]	v
10,2	1,0	-10,2

Tabelle 6: Messwerte Invertierender Verstärker

Es ergab sich eine Verstärkungsfaktor von $v = -10,2$, womit der theoretische Wert bestätigt wurde.

Aufgabe 3.2 – Addierer

Als nächstes bauten wir gemäß Bild 4 einen invertierenden Addierer auf und legten bei einer Frequenz $f \approx 1kHz$ Dreieck-, Rechteck-, und Sinusspannung an. Mittels des regelbaren Potentiometers und der Betriebsgleichspannung von -15V bis +15V steuerten wir den zweiten Eingang an.

Wie zu erwarten, zeigte das Bild der Ausgangsspannung, wie die erste Spannung invertiert wurde und je nach Spannung am zweiten Eingang um einen gewissen Betrag nach oben oder unten verschoben wurde.

Experimentell ermittelten wir, dass eine maximale Verschiebung von Spitze zu Spitze, der so genannte Spannungshub, von 28V möglich war.

Aufgabe 3.3 – Integrierer

Wir bauten nun gemäß Bild 5 einen invertierenden Integrierer auf und legten bei einer Frequenz $f \approx 100Hz$ Dreieck- und Rechteckspannung an.

Wie zu erwarten war, ergab sich bei der Rechteckspannung als Integral eine Dreieckspannung, welche jedoch invertiert war und bei der Dreieckspannung ergab sich eine invertierte Sinusspannung.

Aufgabe 3.4 – Differenzierer

Wir bauten nun gemäß Bild 6 einen invertierenden Differenzierer auf und legten bei einer Frequenz $f \approx 500Hz$ Dreieck- und Rechteckspannung an.

Wie zu erwarten war, ergab sich bei der Dreieckspannung eine invertierte Rechteckspannung. Bei der Rechteckspannung ergab sich eine Spannung von 0V, die jedoch bei den Sprüngen Peaks gegen $\pm\infty$ hatte, was aufgrund der „unendlichen“ Steigung am Sprung der Rechteckspannung nicht verwunderlich ist.

Aufgabe 4.1 – Idealer Einweggleichrichter

Als nächstes bauten wir gemäß Bild 7b einen idealen Einweggleichrichter auf. Wir legten Dreieck-, Rechteck-, und Sinusspannung an und beobachteten das Ausgangssignal.

Wie zu erwarten war, wurden die positiven Spannungsanteile blockiert und es wurde 0V Spannung angezeigt. Die negativen Spannungsanteile wurden invertiert und vollständig durchgelassen.

Zum Vergleich bauten wir gemäß Bild 7a noch einen einfachen Einweggleichrichter auf, wobei wir prinzipiell die gleichen Beobachtungen machen konnten wie beim idealen Einweggleichrichter. Das Ausgangssignal war jedoch leicht gedämpft. Dies liegt an der Schwellspannung die beim einfachen Einweggleichrichter zunächst überwunden werden muss. Bei sehr hohen Spannungen mag dies nicht weiter ins Gewicht fallen, aber bei niedrigen Spannungen, ist dies ein nicht zu verachtender Effekt. Dieser kann sogar so weit führen, dass keine Gleichrichtung erfolgt und nur eine konstante Spannung von 0V am Ausgang anliegt.

Aufgabe 4.2 – Generator für Dreieck- und Rechteckspannung

Wir bauten gemäß Bild 8 den Generator für Dreieck- und Rechteckspannung auf und überzeugten uns davon, dass an den gegebenen Stellen wirklich Dreieck- und Rechteckspannung erzeugt wurde.

Dies war der Fall und wir ermittelten eine Periodendauer für beide Spannungen von $T = 2,8ms$, woraus sich eine Frequenz von $f = 357Hz$ ergibt.

Aufgabe 4.3 – Generator für Dreieck- und Rechteckspannung

Gemäß Bild 9 bauten wir die DGL 2.Ordnung auf. Anhand des Ausgangssignals ermittelten wir eine Periodendauer von $T = 28ms$, was einer Frequenz von $f = 35,7Hz$ entspricht.

Der theoretische Wert der Frequenz lässt sich berechnen aus

$$f = \frac{1}{2p \cdot 10k\Omega \cdot 470nF} = 33,86Hz, \text{ was unseren Messwert bestätigt.}$$

Sehr gut war auch zu erkennen, dass wenn man das Potentiometer schnell von ganz links nach ganz rechts drehte, die Amplitude des Ausgangssignals zunächst langsam und dann immer schneller wuchs, wie dies für eine Exponentialfunktion zu erwarten ist.