

Praktikum Klassische Physik Teil 2 (P2)

Operationsverstärker

Simon Fromme, Philipp Laur

11. Juni 2013

Inhaltsverzeichnis

1	Transistorverstärker	2
1.1	gleichstromgegekoppelte Schaltung	2
1.2	stromgegekoppelte Schaltung	2
1.3	Verstärkung in Abhängigkeit der Frequenz	3

1 Transistorverstärker

1.1 gleichstromgegekoppelte Schaltung

Die vollständige Emitter-Verstärkerschaltung wird wie in der Vorbereitungshilfe beschrieben aufgebaut, allerdings wird statt einem $5\text{ }\mu\text{F}$ -Kondensator ein $4,7\text{ }\mu\text{F}$ -Kondensator verwendet. Am Signalgenerator wurde eine Dreiecksspannung mit der Frequenz $f = 1000\text{ Hz}$ erzeugt. Die gemessenen Spannungswerte am Ein- und Ausgang sind in Tabelle 1 angegeben.

Tabelle 1: Messergebnisse gleichstromgegekoppelte Emitterschaltung

U_E^{SS} in mV	U_A^{SS} in V	$\beta = \frac{U_A^{SS}}{U_E^{SS}}$
26	4,0	153,85
32	5,2	162,50
42	7,4	176,19
58	9,8	168,97

Mittelt man über diese Werte, so erhält man einen Verstärkungsfaktor von

$$\beta = 165,38.$$

Zu bemerken ist, dass der Verstärkungsfaktor in einem relativ breiten Intervall schwankt, was auf eine vergleichsweise schlechte Qualität dieser Transistor-Verstärkerschaltung hindeutet. Bei höheren Eingangsspannungen scheint der Verstärkungsfaktor etwas höher zu liegen, jedoch lässt die geringe Zahl der Messwerte keine genaue Aussage zu.

1.2 stromgegekoppelte Schaltung

Bei der vorherigen Schaltung wird nun der Kondensator C_E entfernt, was die Gegenkopplung auf den gesamten Frequenzbereich ausweitet. Die Messwerte (Tabelle 2) werden ganz analog zur vorherigen Teilaufgabe genommen ($f = 1000\text{ Hz}$) und wiederum der Verstärkungsfaktor β bestimmt.

Zu beobachten ist hier, dass der Verstärkungsfaktor β einer geringeren Schwankung als bei der gleichstromgegekoppelten Emitterschaltung unterliegt.

Durch Mittelung über die Verstärkungsfaktoren der einzelnen Messungen ergibt sich

$$\beta = 4,41.$$

Tabelle 2: Messergebnisse stromgekoppelte Emitterschaltung

U_E^{SS} in mV	U_A^{SS} in mV	$\beta = \frac{U_A^{SS}}{U_E^{SS}}$
25,6	114	4,45
56,8	250	4,40
106	464	4,38

Der Verstärkungsfaktor ist bei gleicher Frequenz von $f = 1000 \text{ Hz}$ also wesentlich geringer als bei der gleichstromgegekoppelten Emitterschaltung. Der Grund dafür ist, dass der Widerstand R_E für hohe Frequenzen nun nicht mehr durch den Kondensator C_E überbrückt wird, so dass an R_E eine höhere Spannung abfällt und der Emittor dementsprechend auf einem höheren Potential liegt. Somit verringert sich die Ausgangsspannung U_A .

1.3 Verstärkung in Abhängigkeit der Frequenz

Nun wird bei strom- und gleichstromgegekoppelter Schaltung jeweils der Verstärkungsfaktor $\beta = \frac{U_A^{SS}}{U_E^{SS}}$ in Abhängigkeit der Frequenz f bestimmt. Während die Eingangsspannung U_A konstant gehalten wird, wird die Frequenz zwischen 10 Hz und 100 kHz variiert. Die aufgenommenen Messwerte sind in Tabelle 3 angegeben.

Tabelle 3: Verstärkung in Abhängigkeit der Frequenz

f in Hz	gleichstromgegekoppelt			stromgegekoppelt		
	U_E in mV	U_A in V	β	U_E in mV	U_A in mV	β
10	47,2	0,38	8,05	110	108	0,98
25	48,0	0,90	18,75	108	192	1,78
50	46,4	1,50	32,33	106	280	2,64
100	44,8	2,32	51,79	104	384	3,69
500	42,4	6,40	150,94	104	264	2,54
1000	42,0	7,40	176,19	106	464	4,38
5000	42,4	8,20	193,40	108	480	4,44
10000	42,4	8,40	198,11	108	480	4,44
50000	40,8	7,80	191,18	108	472	4,37
100000	40,8	7,40	181,37	108	472	4,37

Bei der stromgegekoppelten Schaltung (ohne zusätzlichen Kondensator) nähert sich der Verstärkungsfaktor einem Maximalwert von $\beta^{max} \approx 4,7 \text{ V}$ an. Durch die Koppelkondensatoren an Ein- und Ausgang können sehr niederfrequente Spannungssignale kaum

passieren (Hochpass), bei hohen Frequenzen stabilisiert sich dann die Verstärkung durch die Emitterseitige Gegenkopplung, die in diesem Fall unabhängig der Frequenz ist.

Bei der gleichstromgegekoppelten Schaltung (mit zusätzlichem Kondensator) erklärt sich die geringere Verstärkung bei niedrigen Frequenzen analog zum vorherigen Fall durch die als Hochpass wirkenden Koppelkondensatoren. Jedoch wird durch den zusätzlichen Kondensator auf der Emitterseite der Gegenkopplungswiderstand bei hohen Frequenzen überbrückt. Somit tritt bei hohen Frequenzen keine Gegenkopplung mehr auf und der Verstärkungsfaktor ist lediglich durch Versorgungsspannung und Ausgangswiderstand nach oben begrenzt. Im Experiment ergibt sich ein maximaler Verstärkungsfaktor von $\beta \approx 200$

Abbildung 1: Frequenzabhängige Verstärkung bei Stromgegenkopplung

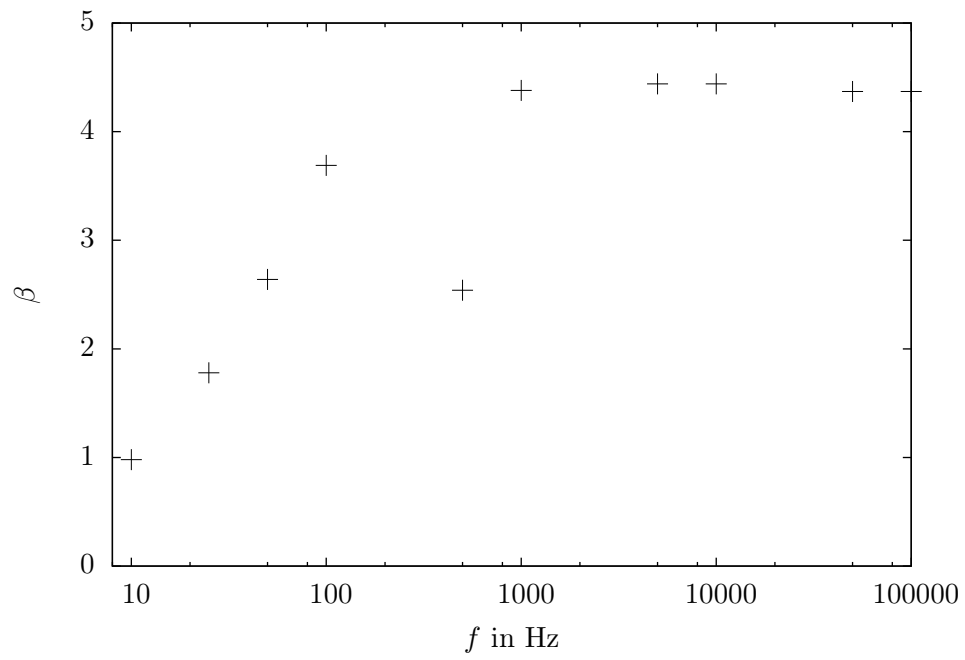


Abbildung 2: Frequenzabhängige Verstärkung bei Gleichstromgegenkopplung

