

Inhaltsverzeichnis

I.	Messaufbau (Arbeitspunktmessung)	2
1.)	Schaltungsaufbau	2
2.)	Berechnung der Schaltung	2
3.)	Messaufbau	2
II.	Messaufbau (Differenzverstärkung DC)	3
1.)	Schaltungsaufbau	3
2.)	Berechnung der Schaltung	3
3.)	Messaufbau	3
III.	Messaufbau (Gleichtaktverstärkung)	4
1.)	Schaltungsaufbau	4
2.)	Berechnung der Schaltung	4
3.)	Messaufbau	4
IV.	Messaufbau (Differenzverstärkung AC)	5
1.)	Schaltungsaufbau	5
2.)	Berechnung der Schaltung	5
3.)	Messaufbau	5
4.)	Anhang	6

I. Messaufbau (Arbeitspunktmessung)

1.) Schaltungsaufbau

Durch die Arbeitspunkteinstellung kann die Begrenzung der max. Verstärkung (Spannung U_{A1} , U_{A2}) ermittelt werden. Ebenfalls können die Ströme und Spannungen der Arbeitspunkteinstellung berechnet werden. Die Transistoren sollten prinzipiell eine möglichst gleiche Durchlassspannung aufweisen und den ungefähr gleichen Verstärkungsfaktor aufweisen um den Differenzverstärker symmetrisch zu betreiben.

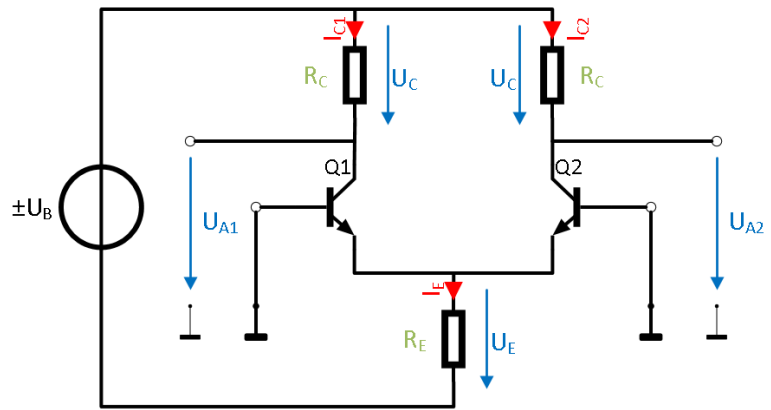


Abb.: 1: Arbeitspunktmessung des Verstärkers

Wichtiger Hinweis:

Um ein besseres Verhalten des Differenzverstärkers zu erzielen, wird der Widerstand R_E normalerweise durch eine Transistorstromquelle ersetzt. Dies hat den Vorteil einer besseren Aussteuerung.

2.) Berechnung der Schaltung

$$U = \pm 15 \text{ V}; \quad R = R_{C1} = R_{C2} = R_E = 10 \text{ k}\Omega \quad B = \beta = 100 \quad U_{BE} = 0,7 \text{ V}$$

$$U_E = |U_{b-}| - U_{BE} = 15 \text{ V} - 0,7 \text{ V} = 14,3 \text{ V}$$

$$I_E = \frac{U_E}{R_E} = \frac{14,3 \text{ V}}{10 \text{ k}\Omega} = 1,43 \text{ mA}$$

$$U_C = U_{C1} = U_{C2} = I_C * R_C = 0,715 \text{ mA} * 10 \text{ k}\Omega = 7,15 \text{ V} \quad I_C = I_{C1} = I_{C2} = \frac{I_E}{2} = \frac{1,43 \text{ mA}}{2} = 0,715 \text{ mA}$$

$$U_A = U_{A1} = U_{A2} = U_{b+} - U_C = 15 \text{ V} - 7,15 \text{ V} = 7,85 \text{ V} \quad S = \frac{I_{C0}}{U_T} = \frac{0,715 \text{ mA}}{25 \text{ mV}} = 0,0286 \text{ mho}$$

3.) Messaufbau

VORSICHT: Der Differenzverstärker auf dem HPC Prüfboard funktioniert dem Anschein nach nicht einwandfrei. Ein Defekt auf dem HPS Board ist möglich, deshalb ist der erste Versuchsaufbau fehlgeschlagen und wurde (in einem zweiten Durchgang) mit einem Steckboard und zwei Transistoren (BC147A) wiederholt.

Der Messaufbau erfolgt wie im Abschnitt Schaltungsaufbau dargestellt. An der Messung 1 ist deutlich zu erkennen das die **Integrierte Schaltung** im **HPS Board** einen **Fehler** aufweist da die Spannung am Ausgang (U_A gegen Masse) an U_{A1} eine zu hohe und an U_{A2} eine zu niedrige Spannung aufweist, da bei der Arbeitspunktmessung die Potentiale von U_{A1} und U_{A2} ungefähr auf gleichem Niveau liegen sollten (Symmetrie!). Dies ist von dem Verstärkungsfaktor B , β der einzelnen Transistoren abhängig.

Messung 1 (erster Durchgang Messung auf HPS Board)

Spannung	$U_{b+/-}$	$U_{E+/-}$	U_A	U_{RC}	U_{RE}	U_{CE}	U_{BE}	R_C	R_E
links (1)	30 V	0 V	-0,8 V	8,4 V	14,88 V	8,23 V	0,583 V	--- Ω	--- Ω
rechts (2)	(± 15 V)	0 V	15,25 V	7,2 V		8,62 V	0,582 V	--- Ω	

Messung 2 (zweiter Durchgang auf Steckboard)

Spannung	$U_{b+/-}$	$U_{E+/-}$	U_A	U_{RC}	U_{RE}	U_{CE}	U_{BE}	R_C	R_E
links (1)	29,99 V	0 V	7,75 V	7,3 V	14,39 V	8,20 V	0,606 V	9,9501 Ω	9,9325 Ω
rechts (2)	(± 15 V)	0 V	7,79 V	7,1 V		8,58 V	0,795 V	9,9598 Ω	

II. Messaufbau (Differenzverstärkung DC)

1.) Schaltungsaufbau

Bei der Differenzverstärkung ist an den Eingängen eine Spannungsdifferenz erforderlich. Dies ist über mehrere Methoden möglich. Es können auf beiden Seiten Gleichspannungen mit ungleichem Potential angelegt werden (z.B. 8,1 V und 8,3 V, $U_{\text{Diff}}=0,2 \text{ V}$) oder ein Eingang wird mit einer Gleichspannung versorgt und der zweite Eingang auf Masse gelegt. Somit kann die Differenzspannung U_{Diff} durch Erhöhung / Senken der Spannung verändert und die Ausgangsspannung U_{A1} , U_{A2} angepasst werden. Es erfolgt die Übertragung in ein Diagramm $U_A=f(U_E)$.

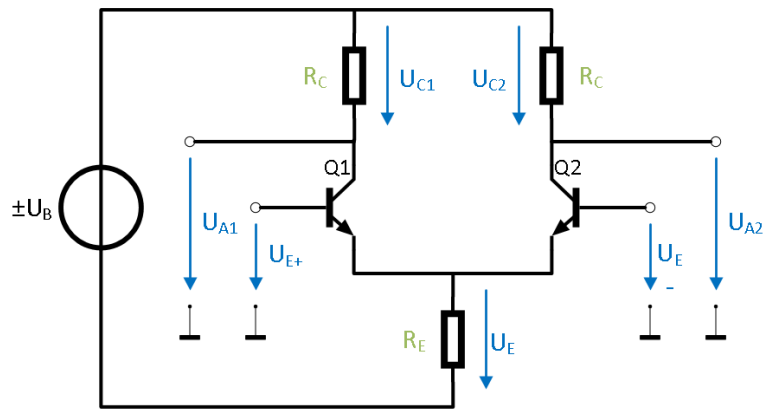


Abb.: 2: Differenzverstärkung

Wichtiger Hinweis:

Eine Messung der Spannung kann auf unterschiedliche Arten erfolgen. In dieser Laborübung ist die Ausgangsspannung von U_{A1} , U_{A2} gegen Masse zu ermitteln. Es besteht ebenfalls die Möglichkeit die Spannungsdifferenz zwischen U_{A1} und U_{A2} zu messen. Dies ist in dieser Übung jedoch nicht Ziel wie in der ersten Messung angenommen. Daher sind die Messergebnisse der ersten Messung unbrauchbar.

2.) Berechnung der Schaltung

Ersatzschaltbild

$$U_{BE}=U_{GL} \quad U_{E+}=\pm 0-200\text{mV} \quad U_{E-}=0\text{V}$$

$$R_C=10 \text{ k}\Omega$$

$$\beta=100$$

$$U_d = U_{e+} - U_{e-}$$

$$U_{A1} = -S * R_C * \frac{U_d}{2}$$

$$U_{A2} = +S * R_C * \frac{U_d}{2}$$

$$A_{\text{Diff}1/2} = \left| \frac{U_{A1/A2}}{U_{e+}} \right|$$

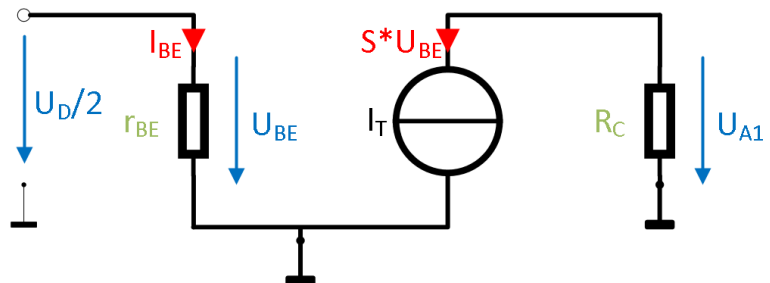


Abb.: 3: Differenzverstärkung Ersatzschaltbild

$U_{e+}/[\text{mV}]$	0	10	20	30	40	50	100	150	200
$U_{A1}/[\text{V}]$	7,85	6,42	4,99	3,56	2,13	0,7	15	15	15
$U_{A2}/[\text{V}]$	7,85	9,28	10,71	12,14	13,57	15	15	15	15

3.) Messaufbau

VORSICHT: Die Messergebnisse des HPC Boards sind unbrauchbar!

Der Messaufbau erfolgt nach dem Schaltbild im Kapitel Schaltungsaufbau. Der Eingang U_{E-} wird dabei auf Masse gelegt und am Eingang U_{E+} wird über eine Spannungsquelle (Netzgerät Ausgang 2) Variabel 0-6V der Eingang gesteuert. Um ein gutes Tastverhältnis herzustellen wird bei der zweiten Messung die Spannung über einen Spannungsteiler Verhältnis 10/1 ($R_1=9,9866\text{k}\Omega$; $R_2=998,71\Omega$) geführt.

III. Messaufbau (Gleichtaktverstärkung)

1.) Schaltungsaufbau

Die Gleichtaktverstärkung dient der Verstärkung von Gleichspannungen. Das ist einer der Vorteile des Differenzverstärkers gegenüber der Emitter-Schaltung. Es werden beide Eingänge U_{E+} und U_{E-} auf gleiches Potential gelegt. Die Transistoren werden dabei Symmetrisch betrieben. Im negativen Bereich ist das Betreiben bis zur Betriebsspannung möglich. Es erfolgt die Übertragung in ein Diagramm $U_A=f(U_E)$.

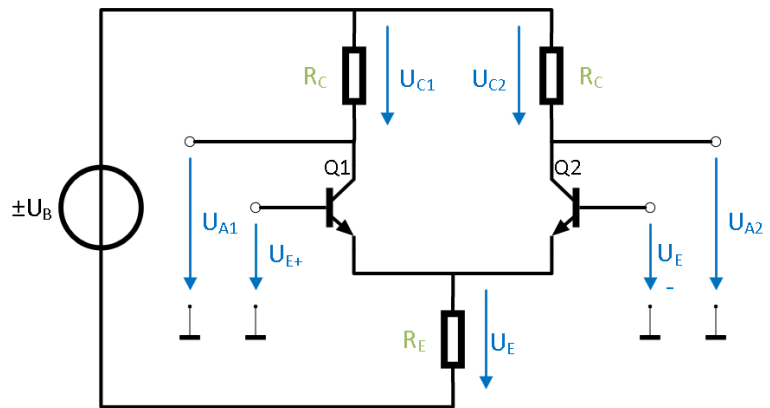


Abb.: 4:Gleichtaktverstärkung

Wichtiger Hinweis:

Im positiven Bereich ist darauf zu achten das der Transistor nicht in Sättigung betrieben und die U_{CB} strecke leitend und damit das Potential der Eingangsspannung auf Potential der Ausgangsspannung ($U_{E+/-} - U_{BE}$) angehoben wird.

2.) Berechnung der Schaltung

Ersatzschaltbild

$$U_{GL} = -18 \text{ V}$$

$$R_C = 10 \text{ k}\Omega$$

$$R_E = 2 \cdot 10 \text{ k}\Omega$$

$$\beta = 100$$

$$U_{GL} = U_{BE} + S \cdot U_{BE} \cdot 2 \cdot R_E$$

$$U_{BE} = U_{GL} \cdot \frac{1}{1 + 2 \cdot S \cdot R_E}$$

$$U_{A1} = -S \cdot U_{BE} \cdot R_C$$

$$A_{GL} = \left| \frac{R_C}{2 \cdot R_E} \right|$$

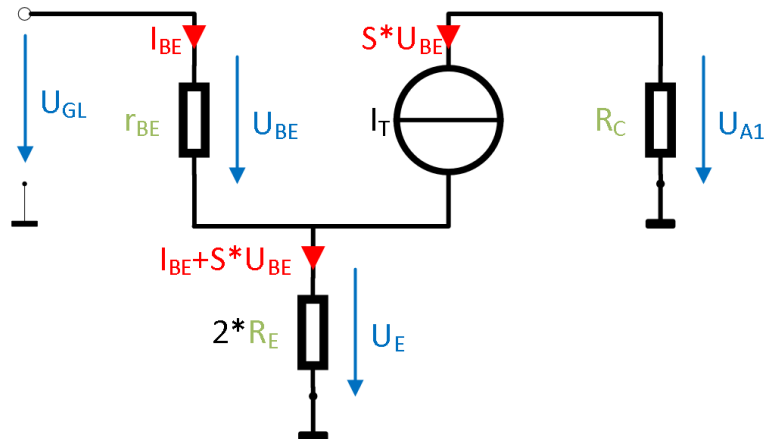


Abb.: 5:Ersatzschaltbild Gleichtaktverstärkung

$U_{GL}/[V]$	0	1	2	3	4	5	6	$U_{CE-0,7}=U_E$	
$U_{A1}/[V]$	7,85	7,35	6,85	6,35	5,85	5,35			
$U_{GL}/[V]$	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9
$U_{A1}/[V]$	8,35	8,85	9,35	9,85	10,35	10,84	11,34	11,84	12,34

3.) Messaufbau

VORSICHT: Die Messergebnisse des HPC Boards sind unbrauchbar!

Der Messaufbau erfolgt nach dem Schaltbild im Kapitel Schaltungsaufbau. Der Eingänge U_{E+}/U_{E-} werden auf gleiches Potential gelegt und miteinander verbunden und der Ausgang U_{A1} betrachtet.

IV. Messaufbau (Differenzverstärkung AC)

1.) Schaltungsaufbau

Bei der AC Differenzverstärkung ist im Diagramm die Steigung für die Gerade der Gleichtaktverstärkung gemessen werden. An den Eingängen U_{E+} und U_{E-} ist wie bei der DC Differenzverstärkung eine Spannungsdifferenz erforderlich. Dies kann wie bei der DC Verstärkung durch unterschiedliche Beschaltung der Eingänge erreicht werden. Am Ausgang U_{A1} liegt das Signal invertiert (180° Phasendrehung) an, am Ausgang U_{A2} liegt das Signal nicht invertiert an. Es erfolgt die Übertragung in ein Diagramm $U_A = f(U_E)$.

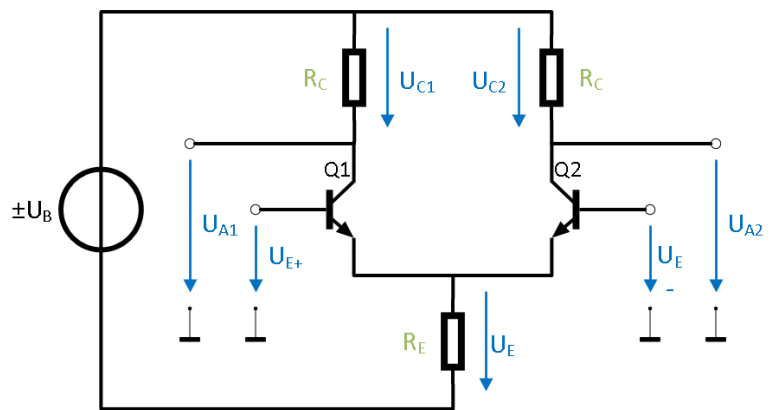


Abb.: 6: Differenzverstärkung

Wichtiger Hinweis:

Eine Messung der Spannung kann auf unterschiedliche Arten erfolgen. In dieser Laborübung ist die Ausgangsspannung von U_{A1} , U_{A2} gegen Masse zu ermitteln. Es besteht ebenfalls die Möglichkeit die Spannungsdifferenz zwischen U_{A1} und U_{A2} zu messen. Dies ist in dieser Übung jedoch nicht Ziel wie in der ersten Messung angenommen. Daher sind die Messergebnisse der ersten Messung unbrauchbar.

2.) Berechnung der Schaltung

Ersatzschaltbild

$$U_{BE} = U_{GL} \quad U_{E+} = \pm 0-200 \text{ mV} \quad U_{E-} = 0 \text{ V}$$

$$R_C = 10 \text{ k}\Omega$$

$$B = \beta = 100$$

$$U_d = U_{e+} - U_{e-}$$

$$U_{A1} = -S * R_C * \frac{U_d}{2}$$

$$U_{A2} = +S * R_C * \frac{U_d}{2}$$

$$A_{Diff1/2} = \left| \frac{U_{A1/A2}}{U_{e+}} \right|$$

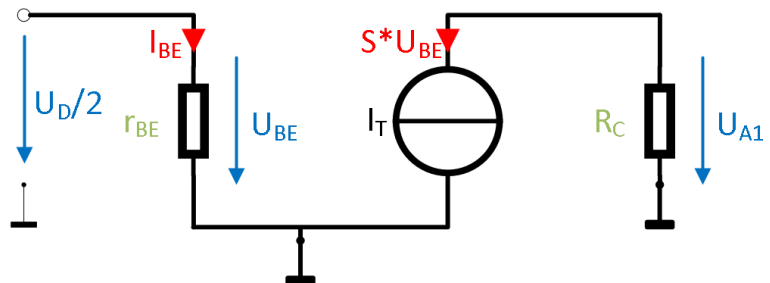


Abb.: 7: Differenzverstärkung Ersatzschaltbild

$U_{E+}/[\text{mV}]$	0	10	20	30	40	50	100	150	200
$U_{A1}/[\text{V}]$	7,85	6,42	4,99	3,56	2,13	0,7	15	15	15
$U_{A2}/[\text{V}]$	7,85	9,28	10,71	12,14	13,57	15	15	15	15

3.) Messaufbau

VORSICHT: Die Messergebnisse des HPC Boards sind unbrauchbar!

Der Messaufbau erfolgt nach dem Schaltbild im Kapitel Schaltungsaufbau. Der Eingang U_{E-} wird dabei auf Masse gelegt und am Eingang U_{E+} wird über einen Signalgenerator (Variabel Sinus 0-200mV (pp)) der Eingang gesteuert.

4.) Anhang

Anhand der unten angeführten Bilder, sind die jeweiligen Phasen und Verstärkungen der Ausgänge bei einer bestimmten Eingangsspannung erkennbar. Die Übersteuerung des Verstärkers ist dabei ebenfalls ersichtlich, da das Sinus Signal immer mehr in ein Rechteck Signal umgeformt wird.

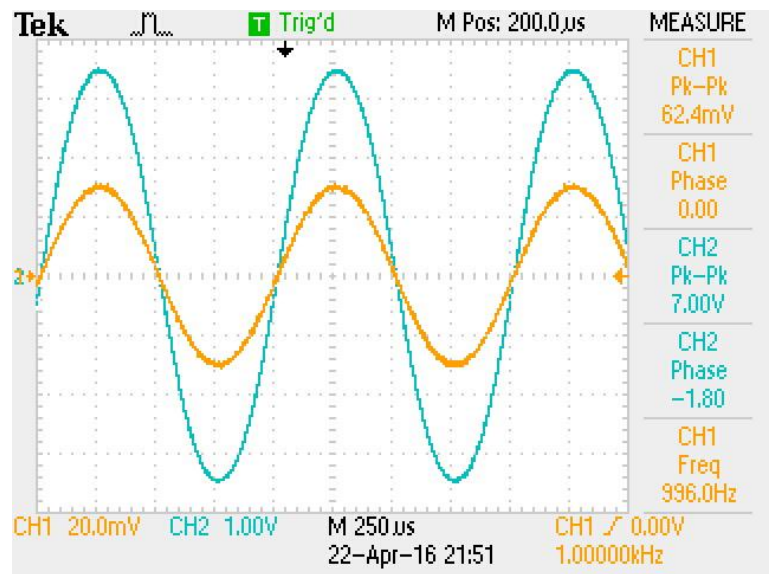


Abb.: 9:0°/360° Phasenverschiebung

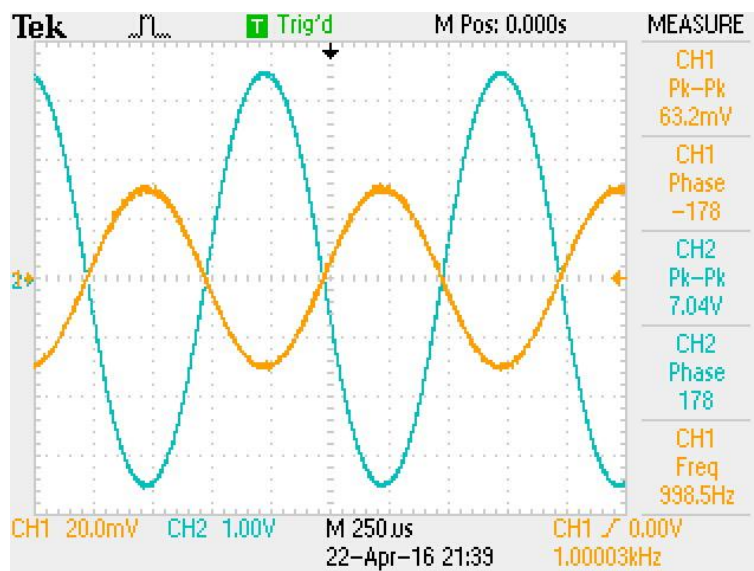


Abb.: 8:180° Phasenverschiebung

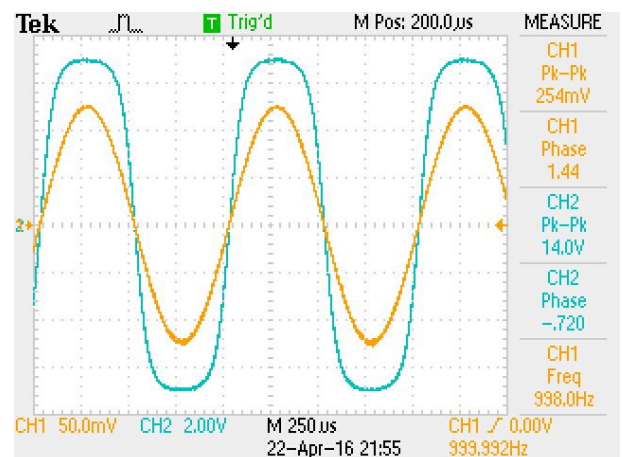


Abb.: 10:Übersteuerung des Verstärkers