Auswertung Operationsverstärker

Marcel Köpke & Axel Müller

31.05.2012

Inhaltsverzeichnis

1	Emi	tterschaltung eines Transistors	3
	1.1	Arbeitspunkt des gleichstromgegengekoppelter Transistorverstärker	3
	1.2	Verstärkung einer Dreieckspannung	3
	1.3	Stromgegengekoppelte Verstärkung	4
	1.4	Frequenzabhängigkeit der Verstärkung	4
2	Gru	ndschaltung eines Operationsverstärkers	7
	2.1	nicht-invertierender OPV	7
	2.2	Ein- und Ausgangswiderstand	7
	2.3	Frequenzabhängigkeit der Verstärkung	8
3	Die	invertierende Grundschaltung	10
3	Die 3.1	invertierende Grundschaltung	10 10
3	Die 3.1 3.2	invertierende Grundschaltung Invertierende Schaltung Addierer	10 10 10
3	Die 3.1 3.2 3.3	invertierende Grundschaltung Invertierende Schaltung Addierer Integrierer	10 10 10 11
3	Die 3.1 3.2 3.3 3.4	invertierende Grundschaltung Invertierende Schaltung Addierer Integrierer Differenzierer	 10 10 10 11 12
3	Die 3.1 3.2 3.3 3.4 Kon	invertierende Grundschaltung Invertierende Schaltung Addierer Integrierer Differenzierer integrierer integrie	 10 10 10 11 12 14
3	Die 3.1 3.2 3.3 3.4 Kon 4.1	invertierende Grundschaltung Invertierende Schaltung Addierer Integrierer Differenzierer Differenzierer Differenzierer Einweggleichrichter	 10 10 11 12 14
3	Die 3.1 3.2 3.3 3.4 Kon 4.1 4.2	invertierende Grundschaltung Invertierende Schaltung Addierer Integrierer Integrierer Differenzierer nplexe Schaltungen Einweggleichrichter Generator für Dreieck- und Rechtecksignal	 10 10 11 12 14 14 16

1 Emitterschaltung eines Transistors

1.1 Arbeitspunkt des gleichstromgegengekoppelter Transistorverstärker

Wie in der Vorbereitungshilfe beschrieben haben wir die Schaltung aufgebaut und die Spannung über dem Widerstand R_1 gemessen. Dies ergab den Arbeitspunkt bei 2, 19V.

1.2 Verstärkung einer Dreieckspannung

An die Schaltung aus 1.1 legten wir eine Dreieckspannung mit einer Frequenz von f = 1kHz an den Eingang. Es ergaben sich folgende Messwerte:

$U_E[mV]$	$U_A[V]$	v_U
53	-9,8	-184,91
24	-4,3	-179,17

Tabelle 1.1: Messwerte

Die mittlere Verstärkung des Transistors beträgt also:

$$v_U = -182,04$$



Abbildung 1.1: Verstärkung

1.3 Stromgegengekoppelte Verstärkung

Wir entfernten den Kondensator C_e und erhielten so die stromgegengekoppelte Schaltung. Analog zu 1.2 erhielten wir auch hier wieder Messwerte für die Verstärkung bei f = 1kHz

$U_E[V]$	$U_A[V]$	v_U
1,06	-0,488	-4,34
4,6	-2,12	-4,34

Tabelle 1.2: Messwerte

Die mittlere Verstärkung ist damit -4,34. In der Vorbereitung wurde die Verstärkung theoretisch mit -4,7 berechnet. Außerdem erhielten wir wie erwartet einen deutlich kleineren Verstärkungsfaktor als bei 1.2.



Abbildung 1.2: Verstärkung

1.4 Frequenzabhängigkeit der Verstärkung

Nun stellten wir den Verstärkungsfaktor bei verschiedene Frequenzen (für gleich- und stromgegengekoppelte Schaltung) fest. Dabei ergaben sich folgende Messwerte:

f [Hz]	$U_E[V]$	$U_A[V]$	v_U	$U_E[V]$	$U_A[V]$	v_U
10	$0,\!512$	-0,416	-0,81	$0,\!06$	-0,14	-2,33
25	$0,\!504$	-1,12	$-2,\!22$	$0,\!0616$	-0,776	$-12,\!56$
50	$0,\!496$	$-1,\!68$	$-3,\!39$	0,0608	-1,96	$-32,\!24$
100	$0,\!488$	-2,04	-4,18	0,0608	-4,08	-67,11
500	$0,\!488$	-2,14	$-4,\!39$	$0,\!0586$	-9,2	$-157,\!00$
1 k	$0,\!488$	-2,16	$-4,\!43$	$0,\!0568$	-10,0	-176,06
$5 \mathrm{k}$	$0,\!504$	-2,28	$-4,\!52$	$0,\!052$	-9,8	-188,46
10 k	$0,\!504$	-2,24	-4,44	$0,\!048$	-9,4	$-195,\!83$
$50 \mathrm{k}$	$0,\!504$	-2,28	$-4,\!52$	$0,\!048$	-9,4	$-195,\!83$
$100 \mathrm{k}$	$0,\!504$	-2,28	$-4,\!52$	$0,\!0464$	-9,0	-194,00

 Tabelle 1.3: Messwerte (stromgegengekoppelt | gleichstromgegengekoppelt)

Wir erhalten damit folgende Plots:



Abbildung 1.3: stromgegengekoppelt



Abbildung 1.4: gleichstromgegengekoppelt

Man sieht, dass beide Verstärkungsformen für hohe Frequenzen gegen eine Sättigungsverstärkung streben. Allerdings steigt die Verstärkung der gleichstromgekoppelten Schaltung wie erwartet stärker mit der Frequenz an. Es bestätigte sich auch annähernd die theoretische Verstärkung von -4,7 für die stromgegengekoppelte Schaltung.

2 Grundschaltung eines Operationsverstärkers

2.1 nicht-invertierender OPV

Wie in der Vorbereitung beschrieben bauten wir die nichtinvertierende Verstärkerschaltung auf und erhielten folgende Messwerte für die Verstärkung:

$U_E[V]$	$U_A[V]$	v_U
0,252	$2,\!64$	$10,\!48$
0,980	$10,\!8$	11,02

Tabelle 2.1: Messwerte

Für die verwendeten Widerstände $R_1 = 1k\Omega$ und $R_2 = 10k\Omega$ erwarten wir theoretisch eine Verstärkung von:

$$v_U = 1 + \frac{R_2}{R_1} = 11$$

Dies stimmt sehr gut mit unserem mittleren Wert $v_U = 10,75$ überein.

2.2 Ein- und Ausgangswiderstand

Wie in der Vorbereitung beschrieben schlossen wir einen Vorwiderstand $R_M = 1M\Omega$ in Reihe zum Eingang U_E und stellten die Spannung U_M fest. Allerdings taten wir dies nur indirekt, da wir aus fehlerbegrenzenden Gründen (gleiches Messgerät) U_E und $U_E - U_M$ ermittelten:

$U_E[V]$	$U_E - U_M[V]$	U_M [V]	$R_I = R_M (\frac{U_E}{U_M} - 1)$
$0,\!980$	0,48	0,5	$0,96~M\Omega$
2,24	1,08	1,16	$0,\!93M\Omega$

Tabelle 2.2: Messwerte

Im Mittel erhalten wir somit also:

$$R_I = 0,95M\Omega$$

also wie erwartet ein sehr hoher Eingangswiderstand. Um den Ausgangswiderstand zu messen verwendeten wir das parallel geschaltete Potentiometer und ermittelten den Widerstand des selbigen, wenn das Grundsignal halbiert wurde. Damit sollte der Widerstand des Potentiometers identisch mit dem Ausgangswiderstand sein. Wir erhielten folgende Messwerte für den Widerstand des Potentiometers:

$U_{A,0}[V]$	R_{pot}
12,2	130Ω
6,08	$_{68,6\Omega}$
2,88	$_{30,4\Omega}$

Tabelle 2.3: Messwerte

Wie man sieht haben die Messwerte eine sehr große Schwankung, was damit zusammenhängt, dass der Operationsverstärker durch die Rückkopplung einem Spannungsabfall entgegensteuert. Damit wird das Messergebnis spannungsabhängig. Wir geben dennoch den Mittelwert des Ausgangswiderstand an mit:

$$R_A = 76, 4\Omega$$

Dies ist wie erwartet tatsächlich ein sehr geringer Widerstand.

2.3 Frequenzabhängigkeit der Verstärkung

Wir stellten das Eingangssignal auf $\approx 0, 5V_{SS}$ sinusförmig ein und ermittelten den Verstärkungsfaktor bei verschiedenen Frequenzen:

f [Hz]	$U_E[V]$	$U_A[V]$	v_U
10	0,512	$4,\!48$	8,75
100	$0,\!512$	5,52	10,78
$1\mathrm{k}$	$0,\!512$	$5,\! 6$	$10,\!94$
$10\mathrm{k}$	$0,\!520$	5,68	$10,\!92$
$25 \mathrm{k}$	$0,\!512$	5,52	$10,\!78$
$50\mathrm{k}$	$0,\!520$	5,04	9,69
$75 \mathrm{k}$	$0,\!512$	4,24	8,28
$100\mathrm{k}$	$0,\!512$	3,44	6,72

Tabelle 2.4: Messwerte

Wir erhalten folgenden Plot:



Abbildung 2.1: Plot

Man sieht, dass der Verstärkungsfaktor für niedrige Frequenzen ansteigt und ungefähr bei 1 kHz sein Maximum erreicht, um daraufhin für große Frequenzen wieder abzufallen. Der Operationsverstärker ist ein komplexes Bauteil, welches Kondensatoren beinhaltet, die als Hoch- bzw. Tiefpass fungieren können, sodass sich eine mittlere Frequenz mit der höchsten Verstärkung ergeben kann.

3 Die invertierende Grundschaltung

3.1 Invertierende Schaltung

Wie in der Vorbereitungsmappe beschrieben bauten wir die invertierende Schaltung mit einem theoretischen Verstärkungsfaktor von 10 auf. Wir stellten stichprobenartig die Verstärkung für zwei Eingangsspannungen fest:

$U_E[V]$	$U_A[V]$	v_U
0,48	4,80	10
1,04	10,4	10

Tabelle 3.1: Messwerte

Es bestätigt sich also der theoretisch berechnete Wert.

3.2 Addierer

Nun bauten wir den Addierer wie in der Vorbereitungsmappe beschrieben auf und erhielten durch Addition verschiedener Signale folgende Oszilloskopgraphen:



Abbildung 3.1: Sinus+Rechteck | Rechteck+Dreieck



Abbildung 3.2: Rechteck+Sinus | Sinus+Sinus



Abbildung 3.3: Rechteck+Rechteck | Dreieck+Rechteck

Die Frequenz des jeweils zuerst genannten Signals war kleiner oder gleich der zweiten Frequenz. Für geringe Frequenzunterschiede konnte man eine Schwebung beobachten, d.h. dass sich das Bild des Oszilloskops periodisch mit der Zeit veränderte.

3.3 Integrierer

Der Aufbau und die Funktionsweise wurden bereits in der Vorbereitung beschrieben. Hier sind die Messbilder:



Abbildung 3.4: Graphen:50Hz/100Hz

Wie man sieht, wurde die Rechteckspannung tatsächlich auf eine Dreieckspannung integriert.



Abbildung 3.5: Graphen:50Hz/100Hz

Die Dreieckspannung wurde zu Parabelbögen integriert. Dies bestätigt auch die Theorie.

3.4 Differenzierer

Der Aufbau und die Funktionsweise wurden wiederum in der Vorbereitung beschrieben. Hier sind die Messbilder:



Abbildung 3.6: Graphen: 100Hz

Wie erwartet wurde die Dreieckspannung zu einer Rechteckspannung differenziert. Die Differentiation der Rechteckspannung ergab einzelne Peaks, da die Steigung bei den Flanken der Rechteckspannung theoretisch unendlich groß ist. An den Plateaus hingegen ist die Steigung gleich Null.

4 Komplexe Schaltungen

4.1 Einweggleichrichter

Der Aufbau und die Funktionsweise wurden bereits in der Vorbereitung beschrieben. Die folgenden Bilder zeigen nacheinander die Messung bei $U_A (= U_{A,1} + U_{A,2}), U_{A,1}$ und $U_{A,2}$.



Abbildung 4.1: Sinusförmiges Eingangssignal

Man erkennt eindeutig, dass sich das obere Signal aus den unteren zusammensetzt und die beiden unteren "abgeschnitten" wurden.



Abbildung 4.2: Rechteckförmiges Eingangssignal

Auch hier ist der bereits genannte Sachverhalt zu erkennen.



Abbildung 4.3: Dreieckförmiges Eingangssignal

Auch hier bestätigt sich wieder die Theorie.

4.2 Generator für Dreieck- und Rechtecksignal

Wir koppelten den Schmitt-Trigger und das Integrierglied und ermittelten das Spannungssignal an den jeweiligen Punkten:



Abbildung 4.4: Spannungssignal

Man sieht eindeutig die Erzeugung von Rechteck- und Dreiecksignal.

4.3 Programmierte Differentialgleichung zweiter Ordnung

Wir bauten die Schaltung wie in der Vorbereitung beschrieben auf, konnten jedoch das gewünschte Signal nicht erzeugen. Wir vermuten hier ein defektes Bauteil. Die im folgenden zu sehenden Bilder ergaben sich aus den Messungen der Gruppe Do-10:



Abbildung 4.5: Graph

Der aperiodische Grenzfall und der Kriechfall waren praktisch nicht umzusetzen, da die Frequenz der Schwingung zu groß war, um Bilder davon aufzunehmen (zu schnell abgeklungen). Das erste Bild zeigt deutlich die periodische Schwingung, das zweite die exponentielle Dämpfung nach dem Abschalten der Versorgungsspannung.