

PROTOKOLL

zur Laborübung

Tiefpass-Simulation



Gruppe / Klasse 5 / 3BHEL	Protokollführer HOFSTÄTTER A.	Unterschrift
Übungs-/ Abgabedatum 31. Okt. 2013 7. Nov. 2013	Mitarbeiter	Unterschrift
Lehrer WAGNER	Mitarbeiter	Unterschrift
Note	Mitarbeiter	Unterschrift

Tiefpass-Simulation

RC-Tiefpass

Verwendete Geräte

Nr.	Gerät	Hersteller	Type	Platz Nr.
1.	PC	-	-	-

Verwendete Programme

Nr.	Name	Version
1.	Altium Designer	13

1 Inhaltsverzeichnis

1	INHALTSVERZEICHNIS.....	2
2	AUFGABENSTELLUNG.....	3
2.1	GEGEBENE GRUNDSCHALTUNG	3
3	ALLGEMEINE BERECHNUNGEN	3
3.1	KONFIGURATION DES RECHTECKGENERATORS	3
3.2	ZEITKONSTANTE (τ).....	3
3.3	GRENZFREQUENZ (f_g).....	3
4	BODEDIAGRAMM.....	4
4.1	MESSAUFBAU	4
4.2	MESSERGEBNISSE	4
5	TRANSIENTEN ANALYSEN	5
5.1	FREQUENZ KLEINER GRENZFREQUENZ ($f \ll f_g$)	5
5.1.1	MESSERGEBNISSE.....	5
5.1.1.1	1 Hz	5
5.1.1.2	10 Hz	6
5.2	FREQUENZ GLEICH GRENZFREQUENZ ($f \cong f_g$)	6
5.2.1	MESSERGEBNISSE.....	6
5.3	FREQUENZ GRÖßER GRENZFREQUENZ ($f \gg f_g$)	7
5.3.1	MESSERGEBNISSE.....	7
5.3.1.1	Einschwingvorgang.....	7

2 Aufgabenstellung

Aufgabe der Laborübung war es, einen gegebenen RC-Tiefpass 1. Ordnung zu simulieren. Das Filter wurde mit einem Rechtecksignal ($U_s = 9V$) versorgt. Das Verhalten und die Messwerte der Schaltung waren zu analysieren. Anschließend wurde eine Transienten Analyse über zwei Messgrößen (Ausgang - U_a und Eingang - U_e) erstellt. Dies sollte bei mindestens 3 verschiedenen Frequenzen durchgeführt werden:

- 1) $f \ll f_g \rightarrow T \gg \tau$
- 2) $f \cong f_g \rightarrow T \cong \tau$
- 3) $f \gg f_g \rightarrow T \ll \tau$

Des Weiteren wurde noch ein Bodediagramm für $\left(\frac{U_a}{U_e}\right)$ erstellt.

2.1 Gegebene Grundsaltung

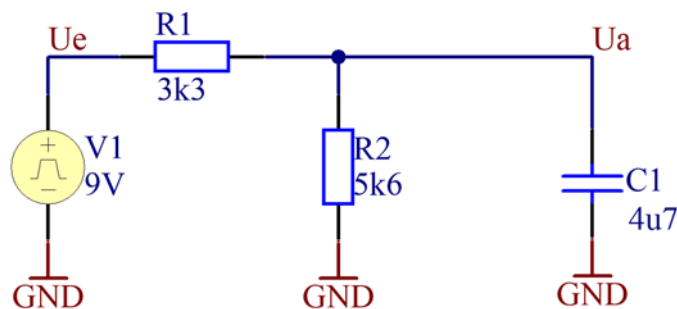


Abbildung 1 - Grundsaltung

3 Allgemeine Berechnungen

3.1 Konfiguration des Rechteckgenerators

Amplitude: 9V
Periodendauer: $\frac{1}{F}$
Pulsweite: $\frac{1}{2 \cdot F}$

Anstiegszeit: 1ns
Abfallzeit: 1ns
Phasenverschiebung: 0°

Alle anderen Parameter wurden auf den Standardwerten gelassen oder nicht verwendet.

3.2 Zeitkonstante (τ)

Um die Größe der nachfolgend ausgewählten Frequenzen genauer zu bestimmen wurde die Zeitkonstante τ berechnet.

Bei einer RC Schaltung lässt sich wie folgt berechnen:

$$\tau = (R1 // R2) * C1 = (3,3 \text{ k}\Omega // 5,6 \text{ k}\Omega) * 4,7 \mu\text{F} = 2,076 \text{ k}\Omega * 4,7 \mu\text{F} = 9,759 \text{ ms} \rightarrow \tau \cong 10 \text{ ms}$$

3.3 Grenzfrequenz (f_g)

Über die Zeitkonstante konnte wiederum die Grenzfrequenz errechnet werden. Dies ist jene Frequenz an welcher die Dämpfung exakt 3dB beträgt.

$$f_g = \frac{1}{2 * \pi * \tau} = \frac{1}{2 * \pi * 9,759 \text{ ms}} \rightarrow f_g = 15,91 \text{ Hz}$$

4 Bodediagramm

4.1 Messaufbau

Obiger allgemeiner Messaufbau wurde über eine *AC Small Signal Analyse* simuliert. Als Frequenzbereich wurde ein passender Bereich ausgewählt um möglichst alle Szenarien zu sehen. Anhand zuvor berechneter Grenzfrequenz von 15,91 Hz wurde der Frequenzbereich von 1 Hz bis 10 kHz mit 1000 Messpunkten gewählt.

4.2 Messergebnisse

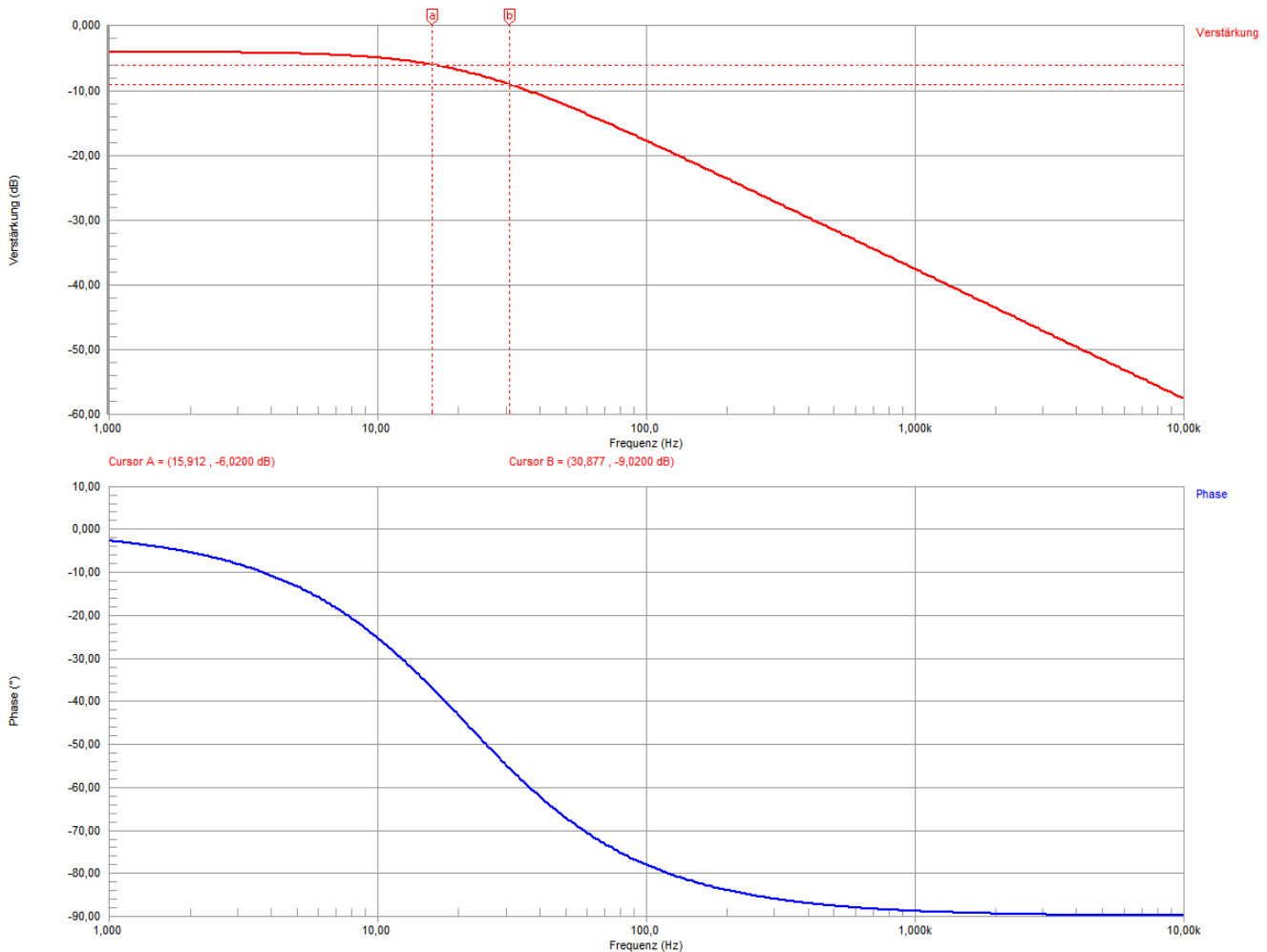


Abbildung 2 - Bodediagramm eines RC-Tiefpass

Zu sehen ist ein Bodediagramm, in einer dekadisch logarithmischen Darstellung, welches Verstärkung und Phasenwinkel abhängig von der Frequenz zeigt.

Bis zur Grenzfrequenz beträgt die Verstärkung in obigen Bodediagramm ca. 4 dB. Mit Hilfe der oben gesetzten Cursor **a** und **b** sieht man eine Dämpfung von 3 dB ab der Grenzfrequenz von 15,91 Hz. Nach diesem **3 dB Knick** geht es mit **-20 dB/Dekade** weiter.

5 Transienten Analysen

In allen folgenden Messungen wird die in 2.1 gezeigte Grundsaltung verwendet. Die einzelnen Transienten Analysen unterscheiden sich in diesem Fall nur anhand der eingestellten Parameter des Rechteckgenerators für Periodendauer und Frequenz.

Alle folgenden Diagramme zeigen [**Ausgangs-** und] **Eingangssignal** abhängig von der Zeit.

5.1 Frequenz kleiner Grenzfrequenz ($f \ll f_g$)

Gewählte Werte: $f = 1 \text{ Hz}$ $T = 1 \text{ s}$
 $f = 10 \text{ Hz}$ $T = 100 \text{ ms}$

5.1.1 Messergebnisse

5.1.1.1 1 Hz

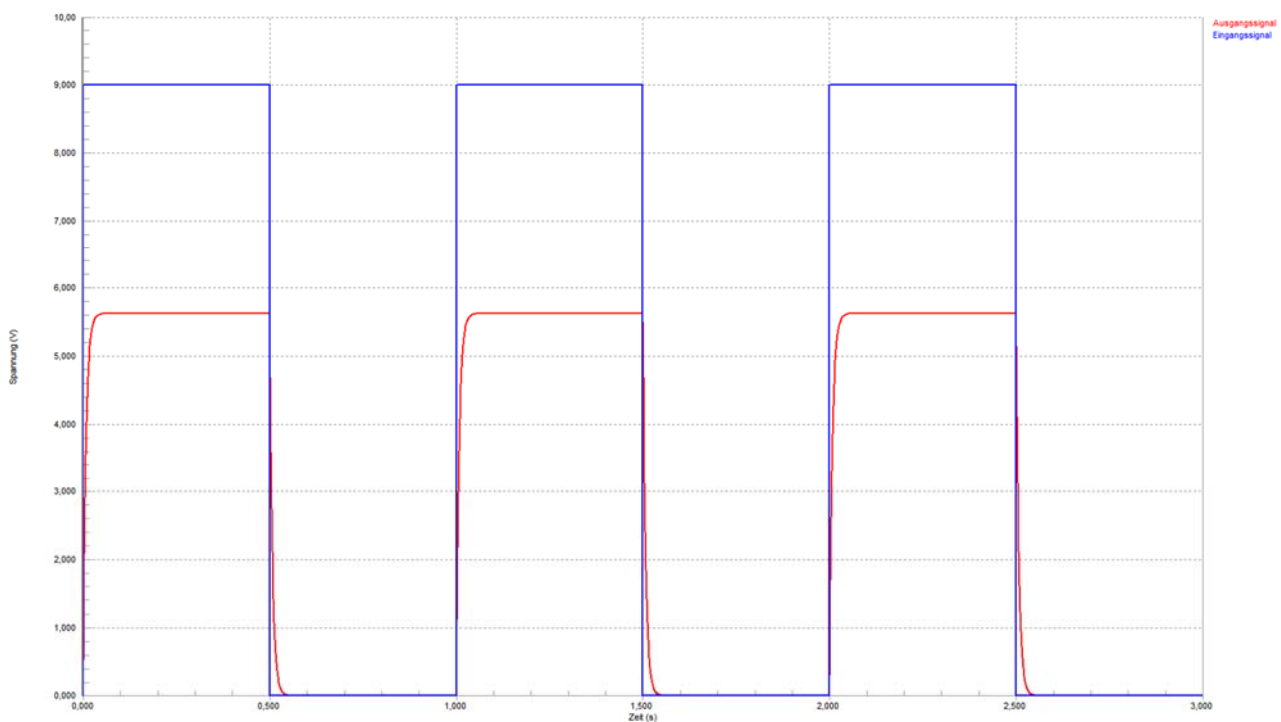


Abbildung 3 - Transienten Analyse bei 1 Hz

Da bei 1 Hz die Periodendauer (T) sehr viel größer als τ ist hat der Kondensator genug Zeit zum Aufladen. Dementsprechend ist hier fast keine Dämpfung vorhanden. Die Dämpfung beträgt bei 1 Hz um die 4dB.

5.1.1.2 10 Hz

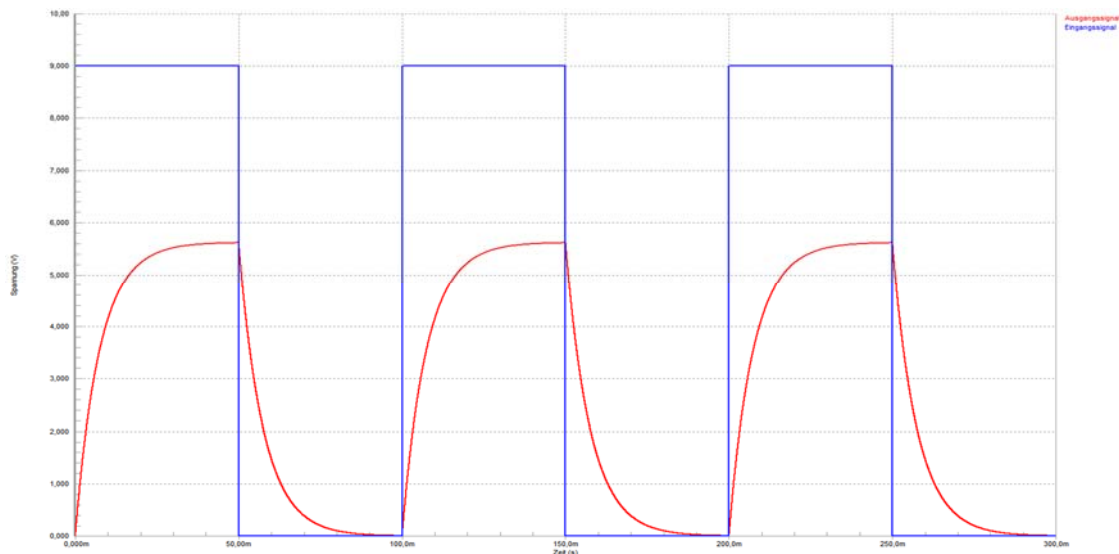


Abbildung 4 - Transienten Analyse bei 10 Hz

Bei 10 Hz ist die Periodendauer (T) zwar noch immer größer als τ , jedoch ist hier Dämpfung bereits größer (5 dB). Das Ausgangssignal wird sozusagen in die Länge gezerrt. Außerdem kann erkannt werden, dass die Pulsweite 50 ms beträgt. Somit wird der Kondensator innerhalb einer Zeitspanne von 50 ms ($= 5\tau$) geladen. Bei 10 Hz ist der Kondensator also zu 99,97 % geladen.

5.2 Frequenz gleich Grenzfrequenz ($f \cong f_g$)

Gewählte Werte: $f = f_g = 15,91 \text{ Hz}$ $T = 62,85 \text{ ms}$

5.2.1 Messergebnisse

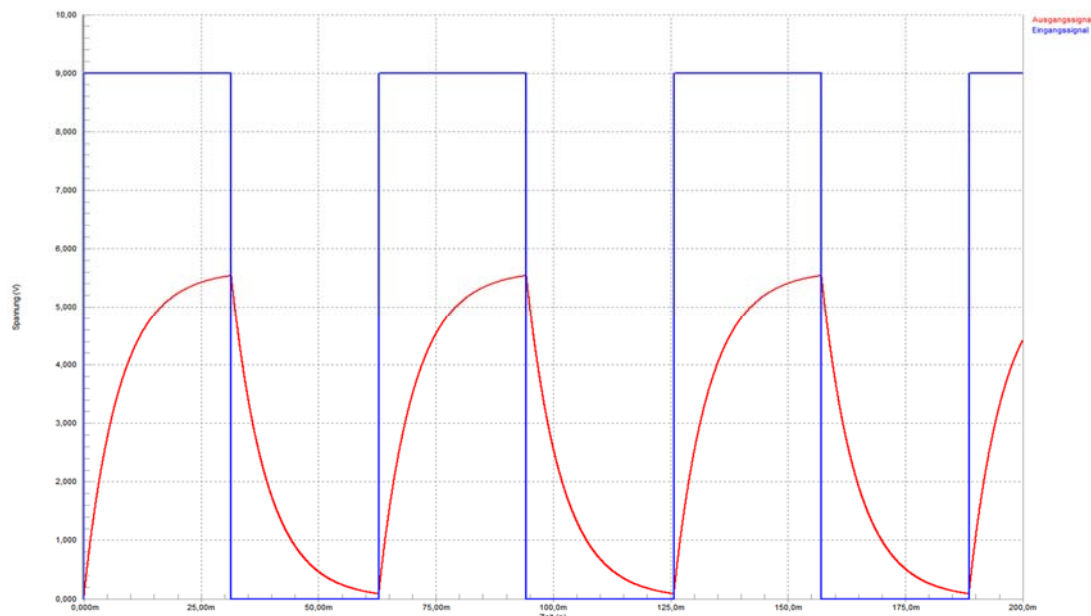


Abbildung 5 - Transienten Analyse bei f_g

Bei der Grenzfrequenz entspricht die eingestellte Periodendauer (T) dem Wert für τ . Betrachtet man das Ausgangssignal, so sieht man, dass sich der Kondensator nicht vollständig aufladen kann, eine vollständige Ladung wäre erst ab ca. 5τ der Fall. Ist der Ladevorgang beendet wird der Kondensator unmittelbar danach wieder entladen. Hier beträgt die Dämpfung bereits 6 dB.

5.3 Frequenz größer Grenzfrequenz ($f \gg f_g$)

Gewählte Werte: $f = 1 \text{ kHz}$ $T = 1 \text{ ms}$

5.3.1 Messergebnisse

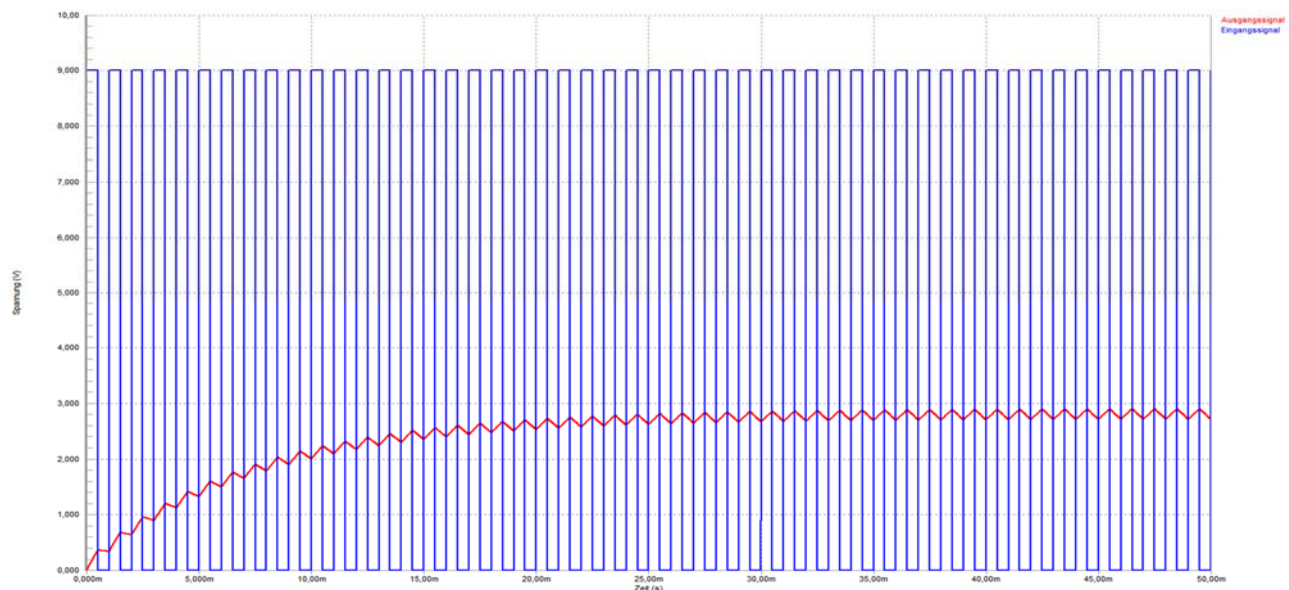


Abbildung 6 - Transienten Analyse bei 1 kHz

Bei Frequenzen welche um einiges größer als f_g sind, kann bereits einiges mehr erkannt werden. Da die Dämpfung bei 1 kHz bereits 37,5 dB beträgt wird das Ausgangssignal schon deutlich abgeschwächt. Außerdem ist hier bereits ein Einschwingverhalten zu erkennen. Dieses entsteht dadurch, da sich der Kondensator innerhalb einer Periode nicht vollständig aufladen kann. Auch hier ist dieser erst nach 5τ geladen, was bei 1 kHz schon einige Perioden dauert.

Da das Rechtecksignal von 9V ca. im Verhältnis 2:1 an den Widerständen abfällt, liegt dadurch am Kondensator $\frac{1}{3}$ der Eingangsspannung an. Auf dieses arithmetische Mittel von 3V schwingt der Kondensator auch ein. Dass hier nicht ganz 3V abfallen liegt an den verwendeten Widerstandswerten aus der E12-Reihe.

5.3.1.1 Einschwingvorgang

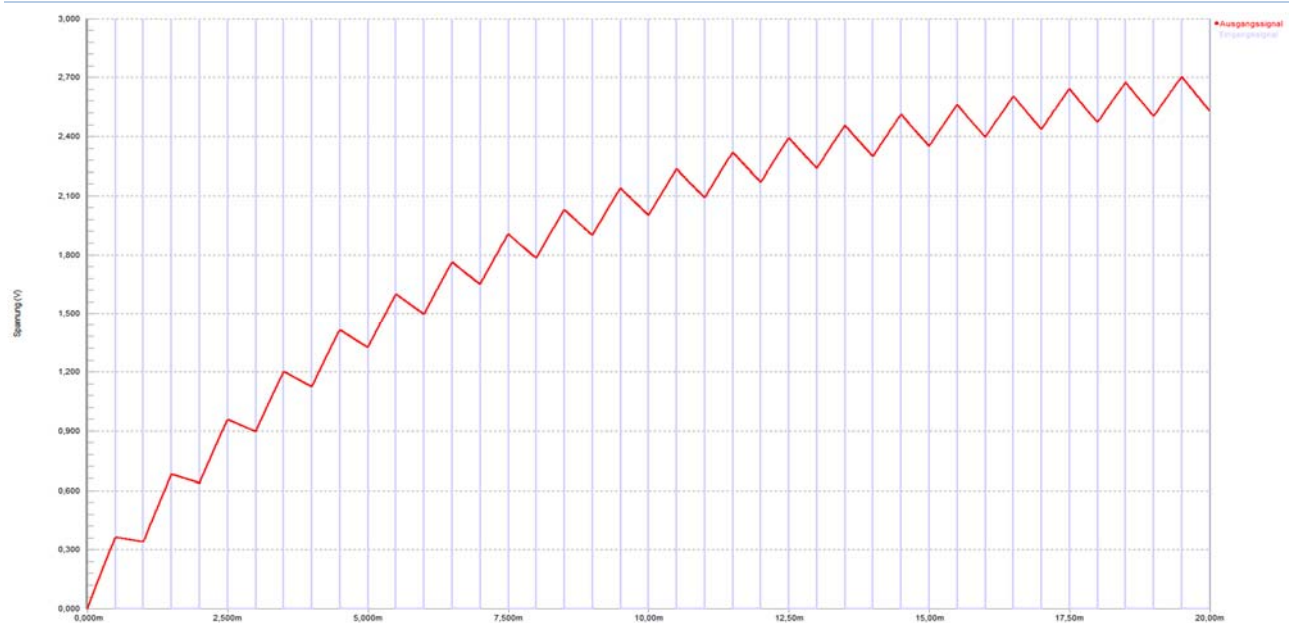


Abbildung 7 - Einschwingvorgang bei 1 kHz