

Oszillatorschaltungen mit Operationsverstärker

Studiengang: _____	Datum: _____
Set: _____ Platz: _____	
Teilnehmer: _____	

Zielstellung

- Kennenlernen der Eigenschaften und Abhängigkeiten verschiedener Oszillatorschaltungen unter Verwendung von Operationsverstärkern

1. Begriffe und Formelzeichen

Wienbrücke, Parallelschwingkreis, Bandpaß, LC-Oszillator, Wienbrückenoszillator, Schwingfrequenz, Schwingbedingung, astabiler Multivibrator, Tastverhältnis

2. Versuchsvorbereitung

2.1. Wiederholen Sie die Vorlesung zu den o.g. Themen. Machen Sie sich mit den in Punkt 1. angegebenen Begriffen und Formelzeichen vertraut. Machen Sie sich die Zusammenhänge zwischen den angegebenen Größen klar.

2.2. Erläutern Sie kurz das Prinzip eines LC-Oszillators mit Parallelschwingkreis. Entwerfen Sie eine Schaltung mit OV und tragen Sie alle elektrischen Größen ein.

Leiten Sie aus der Schaltung den Ansatz der Differentialgleichung für einen idealen Parallelschwingkreis her. Lösen Sie diese für eine Verstärkung $A=1$ des nichtinvertierenden Verstärkers und

$$\frac{1}{LC} = \omega_0^2. \quad /1/$$

Leiten Sie die Gleichung zur Berechnung der Schwingfrequenz eines Parallelschwingkreises her. Für den LC-Oszillator steht eine Induktivität von 120 mH zur Verfügung. Berechnen Sie die Kapazität des Kondensators, wenn der Oszillator mit $f=2$ kHz schwingen soll.

2.3. Erläutern Sie kurz das Prinzip des Wienbrücken-Oszillators. Entwerfen Sie eine Schaltung mit OV. Das Wienglied ist ein Bandpaß, bei dem das Spannungsverhältnis wie folgt beschrieben wird:

$$K_p = \frac{U_p}{U_a} = \frac{1}{3 + j\left(\omega RC - \frac{1}{\omega RC}\right)} \quad /2/$$

Die Schwingbedingung erfordert, daß der Imaginärteil der Gleichung Null wird. Berechnen Sie die Schwingfrequenzen für die RC-Kombinationen $C=10$ nF und $R=(10$ k Ω ; 20 k Ω ; 51 k Ω ; 100 k Ω) mit der Bedingung $R_3=R_4=R$ und $C_3=C_4=C$.

Wie groß muß die Verstärkung des nichtinvertierenden Verstärkers mindestens sein, damit die Dämpfung des Bandpasses kompensiert wird? Wie groß muß das Widerstandsverhältnis R_2/R_1 beim nichtinvertierenden Verstärker sein?

2.4. Erläutern Sie kurz das Prinzip des astabilen Multivibrators unter Verwendung eines Schmitt-Triggers mit OV und entwerfen Sie eine Schaltung. Stellen Sie die Differentialgleichung zu Berechnung der Ausgangsspannung auf. Leiten Sie daraus die Gleichung zur Berechnung der Impulszeit her. Berechnen Sie den erforderlichen Kondensator für eine Schwingfrequenz von 1 kHz mit den Widerständen $R_1=R_2=R_3=10$ k Ω .

2.5. Bereiten Sie auf Papier mit doppeltlogarithmischer Teilung Diagramme zur Darstellung der Meßwerte vor. Es empfiehlt sich folgender Maßstab:

zu Punkt 3.2.:	R:	$10\text{ k}\Omega \leq R \leq 100\text{ k}\Omega$	10 cm/Dekade*
	f:	$100\text{ Hz} \leq f \leq 10\text{ kHz}$	5 cm/Dekade
zu Punkt 3.3.:	R3:	$1\text{ k}\Omega \leq R3 \leq 100\text{ k}\Omega$	5 cm/Dekade*
	f:	$100\text{ Hz} \leq f \leq 10\text{ kHz}$	5 cm/Dekade

(* oder handelsübliches Papier mit mindestens der angegebenen Anzahl von Dekaden)

3. Versuchsdurchführung und -auswertung

3.1. LC-Oszillator

Bauen Sie die Schaltung nach Ihrem Entwurf aus Punkt 2.2. auf. Für den Gegenkopplungsweig verwenden Sie $R1=R2=10\text{ k}\Omega$. Für den Mitkopplungsweig (LC-Zweig) verwenden Sie $R3=1,8\text{ k}\Omega$, $L=120\text{ mH}$ und den am nächsten liegenden vorhandenen Kapazitätswert nach Ihrer Berechnung. Bilden Sie die Eingangsspannung U_p und die Ausgangsspannung U_a des OV mit etwa 2 Perioden auf dem Oszilloskop ab und plotten Sie die Darstellung. Ermitteln Sie die Frequenz. Begründen Sie die Form der Ausgangsspannung.

Ersetzen Sie den Widerstand im Mitkopplungsweig durch einen veränderbaren Widerstand mit $R3=100\text{ k}\Omega$. Erzeugen Sie durch Veränderung dieses Widerstandes eine saubere Sinusform der Ausgangsspannung des OV. Plotten Sie diese Darstellung und messen Sie den Widerstandswert. Ermitteln Sie aus der geplotteten Darstellung die Frequenz und den Effektivwert der Spannungen. Errechnen Sie aus den Werten die genaue Induktivität der Spule und den Verlustwiderstand des Parallelschwingkreises.

Ersetzen Sie den Kondensator durch $C=10\text{ nF}$ und stellen Sie am Ausgang des OV durch Veränderung von $R3$ wieder eine saubere Sinusform ein. Bestimmen Sie wieder die Frequenz, den Effektivwert der Spannungen und den Widerstandswert. Berechnen Sie den Verlustwiderstand des Parallelschwingkreises.

Bestimmen Sie für beide Kondensatorwerte das Verhältnis U_a/U_p . Warum ist dieses Verhältnis konstant? In welchem Zusammenhang steht der Verlustwiderstand des LC-Schwingkreises zu dem Widerstand $R3$ im Mitkopplungsweig? Welcher Zusammenhang besteht zwischen der Kapazität des Kondensators und der Schwingfrequenz? Begründen Sie diese Aussage mathematisch.

3.2. Wienbrücken-Oszillator

Bauen Sie zunächst nur den RC-Zweig als passiven Bandpaß auf. Speisen Sie diesen Bandpaß mit einer sinusförmigen Spannung mit geeigneter Amplitude. Bestimmen Sie die jeweilige Schwingfrequenz für alle vier RC-Kombinationen aus Punkt 2.3. durch Spannungsmessung über der RC-Parallelschaltung. Notieren Sie die ermittelten Werte.

Ergänzen Sie den passiven Bandpaß zum Wienbrücken-Oszillator mit OV. Verwenden Sie für den Gegenkopplungsweig $R1=1,8\text{ k}\Omega$, $R2=10\text{ k}\Omega$ (Beschaltung nichtinvertierender Verstärker!) und für den Mitkopplungsweig (RC-Zweig) $C1=C2=10\text{ nF}$ und $R3=R4=10\text{ k}\Omega$. Stellen Sie etwa zwei Perioden der Eingangsspannung U_p und der Ausgangsspannung U_a am Oszilloskop dar. Plotten Sie die Darstellung. Ermitteln Sie daraus die Frequenz der Ausgangsspannung und begründen Sie die Kurvenform der Spannung.

Ersetzen Sie $R2$ durch einen veränderbaren Widerstand mit $R2=10\text{ k}\Omega$. Verändern Sie den Widerstand so, daß die Ausgangsspannung eine reine Sinusform ist. Bestimmen Sie die Schwingfrequenz und den Effektivwert beider Spannungen. Bestimmen Sie die Verstärkung des in der Schaltung enthaltenen nichtinvertierenden Verstärkers. Messen Sie den Widerstandswert von $R2$ und diskutieren Sie das Ergebnis. Welchen Einfluß hat das Verhältnis $R1/R2$ auf die Kurvenform und die Schwingfrequenz?

Ermitteln Sie die Funktion $f=f(R)$ mit C als Parameter ($C_1=C_2=C$). Ändern Sie dazu mit $C=10\text{ nF}$ die Widerstände ($R_3=R_4=R$) wie in Punkt 2.3. angegeben und bestimmen Sie jeweils die Frequenz. Führen Sie die gleiche Messung mit $C=2,2\text{ nF}$ durch. Stellen Sie beide Funktionen in dem vorbereiteten Diagramm dar.

3.3. Astabiler Multivibrator

Bauen Sie den Multivibrator nach Ihrem Entwurf aus Punkt 2.4. mit den dort angegebenen Widerständen auf. (Bezeichnung der Bauelemente: Mitkoppelzweig mit R_1 und Rückkoppelwiderstand R_2 ; Gegenkoppelzweig mit C und Rückkoppelwiderstand R_3) Für den Kondensator wählen Sie den am nächsten vorhandenen Wert. Bilden Sie wieder etwa zwei Perioden der Eingangsspannung U_n und der Ausgangsspannung U_a des OV am Oszilloskop ab. Plotten Sie die Darstellung. Ermitteln Sie daraus die Schwingfrequenz, die Impulszeit und das Tastverhältnis ($t_{\text{ein}}:t_{\text{aus}}$).

Bestimmen Sie für die gleichen Werte von R_3 und C die Frequenz und das Tastverhältnis für die Widerstandskombinationen $R_1=10\text{ k}\Omega$; $R_2=1,8\text{ k}\Omega$ und $R_1=1,8\text{ k}\Omega$; $R_2=10\text{ k}\Omega$. Diskutieren Sie das Ergebnis. Begründen Sie, ob das Tastverhältnis dieser Schaltung verändert werden kann und warum die Flanken der Ausgangsspannung nicht senkrecht verlaufen.

Ersetzen Sie R_3 durch einen veränderbaren Widerstand mit $R_3=100\text{ k}\Omega$. Bestimmen Sie die Funktion $f=f(R_3)$ für $R_1=1,8\text{ k}\Omega$ und $R_2=10\text{ k}\Omega$. Stellen Sie die Funktion in dem vorbereiteten Diagramm grafisch dar. Ermitteln Sie aus dem Diagramm die Frequenz für $R_3=R_2$. Berechnen Sie zum Vergleich die Frequenz für diese Widerstände.