

Elektronikpraktikum

8 Filterschaltungen mit Operationsverstärkern

Stichworte zur Vorbereitung: Allgemeine Form und Lösungen einer Schwingungs-DGL; Erzwungene Schwingung; Resonanz; Güte; Dämpfung; Entdämpfung; prinzipieller Aufbau eines (elektrischen) Oszillators; Fouriertransformation; Halbwertsbreite einer Funktion; Fourier-Spektren von Sinus-, Rechteck- und Dreieck-Signalen.

Schriftliche Vorbereitung: Diskutieren Sie Analogien zwischen einem elektrischen Schwingkreis und irgendeinem anderen physikalischen System, das ebenfalls oszillatorisches Verhalten zeigt. Welche Größen dieses Systems entsprechen der Ein- und Ausgangsspannung des elektrischen Schwingkreises? Erzeugen Sie (z.B. durch numerische Simulation mit einem einfachen Programm) eine Resonanzkurve der Schwingungsamplitude für die Anregung eines beliebigen gedämpften harmonischen Systems Ihrer Wahl oder schreiben Sie die Messdaten eines entsprechenden Versuchs aus dem Anfängerpraktikum in eine Datei. Benutzen Sie Gnuplot, um daran die Lösung $\hat{x}(\omega) = \alpha / \sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + (2\gamma\omega)^2}$ für die Amplitude einer erzwungenen Schwingung eines gedämpften harmonischen Oszillators anzupassen. Bestimmen Sie aus den angepassten Parametern α , γ und ω_0 die Resonanzfrequenz und die Dämpfung.

Verständnisfragen: Welchen wesentlichen Bestandteil muss eine Filterschaltung auf jeden Fall besitzen? Durch welche Angaben wird ein Filter charakterisiert? Wie sieht der Phasengang eines Filters aus?

Aus welchen drei Bestandteilen ist jeder Oszillator aufgebaut? Welche Phasenlage muss das rückgekoppelte Signal haben? Welche Oberwellen besitzt eine Sinusschwingung?

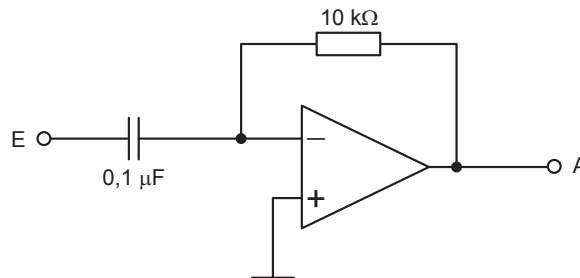
LabVIEW-VIs:

Benutzen Sie die vorgefertigten VIs `oszisnapshot.vi` und `V07-V08-Frequenzgang.vi`.

8.1 Frequenzabhängig gegengekoppelte Operationsverstärker

Untersuchen Sie die Eigenschaften frequenzabhängig gegengekoppelter Operationsverstärker (Typ: OP27G) im Zeitbereich.

8.1.1 Umkehr-Differentiator



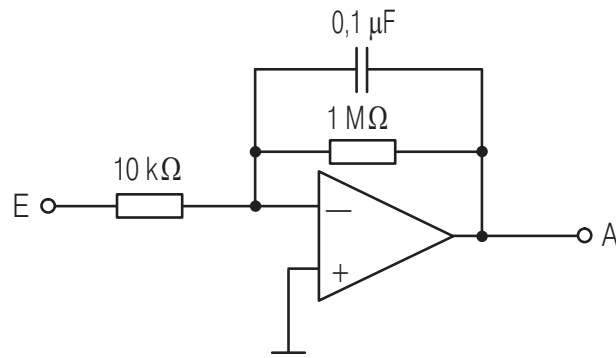
Eingangssignal ca. $100 \text{ mV}_{\text{pp}}$ und $f \simeq 500 \text{ Hz}$

- Beobachten Sie bei manueller Variation der Frequenz das Ein- und Ausgangssignal auf dem Oszilloskop.
- **Bis zu welcher Frequenz erfüllt die Schaltung ihre Funktion als Differentiator einigermaßen gut und wodurch kommt die Begrenzung zustande? Welche Auswirkung hat eine Änderung des Eingangspegels und warum?**
- **Welchen Einfluss hat der Innenwiderstand der Signalquelle auf den nutzbaren Frequenzbereich der Schaltung? Hinweis:** Die Signalquelle ist für die Schaltung alles, was im Signalweg vor dem Eingang E liegt. Durch Einfügen eines $1 \text{ k}\Omega$ Widerstandes zwischen Generator und Schaltung, kann der Innenwiderstand der Signalquelle daher leicht erhöht werden.
- Verifizieren Sie Ihre Erkenntnisse durch Beobachtung des Ausgangssignals bei Ansteuerung mit Rechteck- und Dreieckspannung.

8.1.2 Umkehr-Integrator

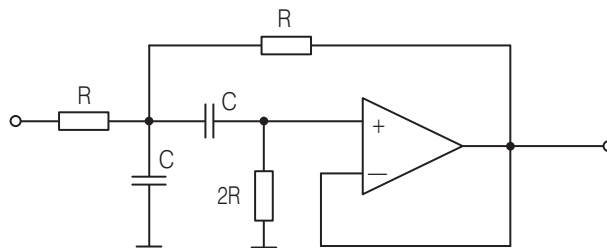
Eingangssignal ca. 5 V_{pp} und $f \simeq 500 \text{ Hz}$.

Untersuchen Sie das Verhalten der Schaltung auf gleiche Weise wie in der vorigen Aufgabe. Bei auf Masse gelegtem Eingang E lässt sich auf dem Voltmeter beobachten, welche Funktion der zum Kondensator parallelgeschaltete Widerstand hat. Diskutieren Sie die Beobachtung. **Welche Eigenschaft des realen Operationsverstärkers ist dafür verantwortlich?**



8.2 Selektives Filter

Bauen Sie folgende Schaltung auf ($R = 100 \text{ k}\Omega$, $C = 1 \text{ nF}$):



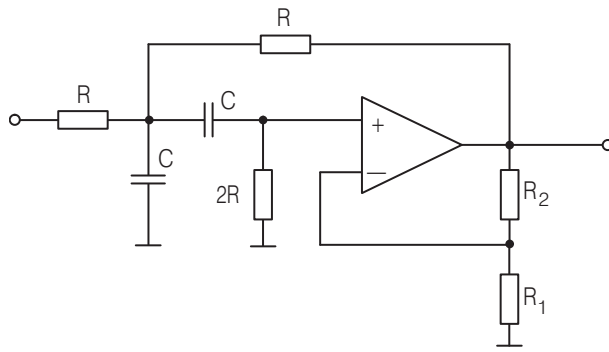
8.2.1 Bandbreite eines aktiven Filters

Charakterisieren Sie diese Schaltung experimentell hinsichtlich ihres Frequenzganges der Verstärkung und Phasenverschiebung zwischen Aus- und Eingang, ihrer Resonanzfrequenz, Dämpfung der Durchlasskurve, sowie Halbwertsbreite (3dB) der Resonanzkurve. Beachten Sie, dass sich die Halbwertsbreite auf die Energie, nicht auf die Amplitude bezieht!

8.2.2 Entdämpfung des Filters

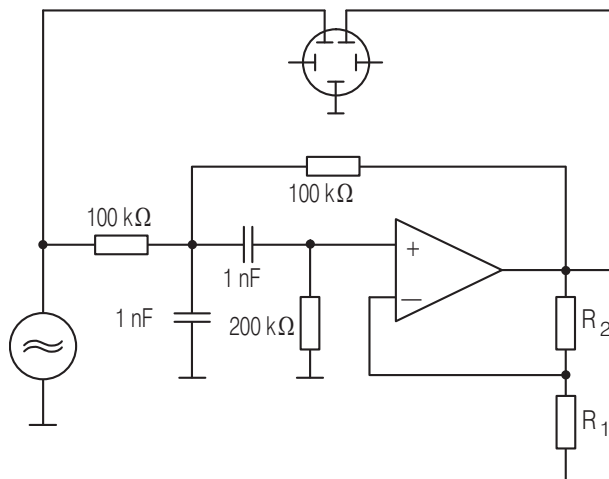
Durch die übliche Methode der Verstärkungseinstellung beim Elektrometerverstärker kann das System entdämpft werden: Bestimmen Sie durch Entdämpfung die Verstärkung der Schaltung mit Gegenkopplung, bei der die Schaltung zu schwingen beginnt (ohne LabVIEW). **Hinweis:** Benutzen Sie $R_2 = 10 \text{ k}\Omega$ und variieren Sie R_1 (Widerstandsdekade verwenden!). Während der Einstellung muss der Generator mit kleiner Signalamplitude ($U_E = 25 \text{ mV}_{PP}$) eingeschaltet und angeschlossen sein, da der Innenwiderstand des Generators Einfluss auf die Filterfrequenz hat!

Dämpfen Sie die Schaltung danach ein wenig, so dass sie nicht von selbst aufschwingt, und messen Sie nochmals Amplituden- und Phasengang bei kleiner Eingangsamplitude.



de. Diskutieren Sie das Ergebnis anhand eines gemeinsamen Schaubildes zusammen mit den Messwerten von 8.2.1.

8.3 Untersuchung eines Signals mit dem selektiven Filter



Das so aufgebaute Festfrequenzfilter soll dazu verwendet werden, die spektrale Zusammensetzung des Ausgangssignals des Funktionsgenerators für verschiedene Kurvenformen mittels einer Fourieranalyse zu bestimmen.

Was ist das besondere, wenn man diese mit einem Festfrequenzfilter durchführt?

Bestimmen Sie Frequenz (bezogen auf Grundfrequenz) und Amplitude der ersten 3 Fourierkoeffizienten für Sinus, Dreieck und Rechteck.

Hinweis: Beobachten Sie die Amplituden beim Ändern der Frequenz. An den gesuchten Stellen treten lokale Maxima auf!