

Der Operationsverstärker
dynamisches Verhalten

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

Zielstellung

- Ermittlung des Amplituden- und Phasenfrequenzganges des rückgekoppelten OV
- Bestimmung von Slew-Rate und Leistungsbandbreite

1. Begriffe und Formelzeichen

Amplituden-Frequenzgang, Phasen-Frequenzgang, Bodediagramm, Nyquist-Diagramm, offene Verstärkung, Bandbreite, Grenzfrequenz, Transitfrequenz, Schleifenverstärkung, aktiver Tiefpass, Verstärkungs-Bandbreite-Produkt, Slew-Rate, Leistungsbandbreite

$f_g, f_T, f_{PB}, A_D, A, SR$

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 Formelzeichen und die Zusammenhänge zwischen den angegebenen Größen klar.
- 2.2. Entwerfen Sie für einen invertierenden Verstärker die qualitative Funktion $|A|=f(f)$ (Amplituden-Frequenzgang) für drei unterschiedliche Verstärkungen. Markieren Sie in der Funktion die Grenzfrequenz und die Transitfrequenz.
Was versteht man unter dem 20 dB-Abfall und warum beträgt dieser genau 20 dB/Dekade?
Wie sind Grenzfrequenz und Transitfrequenz definiert?
- 2.3. Geben Sie den mathematischen Zusammenhang zwischen Transitfrequenz, der offenen Verstärkung und der Verstärkung bei Gegenkopplung an. Wie ist die Schleifenverstärkung definiert und wie wird sie berechnet?
- 2.4. Gegeben sei A_D mit 100 dB und eine Grenzfrequenz bei offener Verstärkung von 100 Hz. Berechnen Sie die Schleifenverstärkung g für die Verstärkungen $A=(20\text{ dB}; 40\text{ dB}; 60\text{ dB}; 80\text{ dB})$ und die Grenzfrequenz bei diesen Verstärkungen. Stellen Sie die Abhängigkeiten der Schleifenverstärkung und der Grenzfrequenz von der Verstärkung grafisch dar.
- 2.5. Geben Sie den qualitativen Verlauf der Funktion $\varphi=f(f)$ des nichtinvertierenden Verstärkers an. Bei welcher Frequenz beträgt der Phasenwinkel -45° ?
- 2.6. Stellen Sie dar, wie sich mit Hilfe des Oszilloskopes der Phasenwinkel zwischen zwei Spannungen ermitteln läßt. Bekannte Größen sind die Frequenz f in Hz und die Zeitdifferenz Δt in s. Stellen Sie eine Gleichung zur Berechnung des Phasenwinkels auf.
- 2.7. Skizzieren Sie die Zeitfunktion der Eingangs- und Ausgangsspannung für den invertierenden und den nichtinvertierenden Verstärker. Wie groß ist in beiden Schaltungen die Phasenverschiebung zwischen U_e und U_a ?

2.8. Erklären Sie die Größe Slew-Rate. Wie kann diese Größe ermittelt und berechnet werden? Definieren Sie den Begriff 'Leistungsbandbreite'. Leiten Sie die Gleichung zur Berechnung dieser Größe her. Von einem OV sind die Slew-Rate mit $0,66 \text{ V}/\mu\text{s}$ und die Ausgangssättigungsspannungen mit $\pm 10 \text{ V}$ bekannt. Wie groß ist die Leistungsbandbreite? Welche Konsequenz hätte ein Überschreiten der Frequenz?

2.9. Bereiten Sie auf Papier mit einfachlogarithmischer Teilung zwei Diagramme zur Darstellung der Meßwerte vor. Es empfiehlt sich folgende Einteilung *:

zu Punkt 3.3.: A: $-10 \text{ dB} \leq A \leq 50 \text{ dB}$
 f: $100 \text{ Hz} \leq f \leq 1 \text{ MHz}$

zu Punkt 3.4.: φ : $-150^\circ \leq \varphi \leq 0^\circ$
 f: $100 \text{ Hz} \leq f \leq 1 \text{ MHz}$

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

3. Versuchsdurchführung und -auswertung

3.1. Slew-Rate

Bauen Sie die Schaltung eines invertierenden Verstärkers nach Bild 1 mit $R_2=100 \text{ k}\Omega$ und $f=1 \text{ kHz}$ auf.

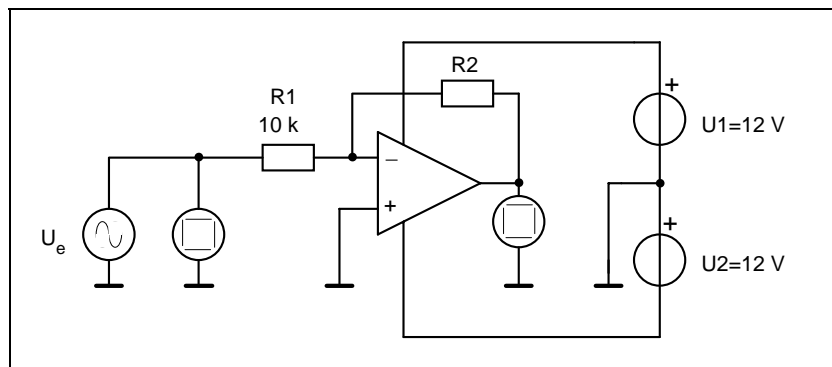


Bild 1: Meßschaltung zum dynamischen Verhalten von Operationsverstärkern

Stellen Sie die Amplitude einer sinusförmigen Eingangsspannung so ein, daß die Ausgangsspannung des OV gerade nicht begrenzt wird. Schalten Sie den Funktionsgenerator auf symmetrische Rechteckspannung um. Stellen Sie im Digitalbetrieb des Oszilloskops die Zeitablenkung so ein, daß Sie einen einzelnen Anstieg oder Abfall der Ausgangsspannung des OV über möglichst den gesamten Bildschirm abbilden. Plotten Sie diese Darstellung.

Ermitteln Sie aus der geplotteten Darstellung die Amplitude und die Anstiegszeit und berechnen Sie daraus die Slew-Rate und die Leistungsbandbreite.

Bestimmen Sie die Slew-Rate bei $f=10 \text{ kHz}$. Vergleichen Sie den Wert mit dem für $f=1 \text{ kHz}$ ermittelten Wert. Ziehen Sie Schlußfolgerungen aus den Meßwerten.

3.2. Leistungsbandbreite

Schalten Sie den Funktionsgenerator wieder auf sinusförmige Spannung um. Stellen Sie die Amplitude der Spannung bei $f=1 \text{ kHz}$ wieder so ein, daß die Ausgangsspannung des OV gerade nicht begrenzt wird. Erhöhen Sie die Frequenz, bis sich die Sinusform am Ausgang des OV zu verformen beginnt. Notieren Sie die Spannungs- und Frequenzwerte. Wiederholen Sie die Messung für $U_a=10 V_{SS}$ und $U_a=5 V_{SS}$.

Berechnen Sie die Leistungsbandbreite für die drei Ausgangsspannungen aus der Slew Rate und vergleichen Sie die gemessenen und berechneten Werte miteinander.

Begründen Sie, weshalb bei weiterer Erhöhung der Frequenz aus der Sinusfunktion eine Dreieckfunktion mit abnehmender Amplitude wird!

3.3. Amplituden-Frequenzgang

Ermitteln Sie die Funktionen $A_{dB}=f(f)$ im Bereich $100 \text{ Hz} \leq f \leq f_T$ für folgende Widerstandswerte von R2 und sinusförmige Eingangsspannungen U_e :

R2=20 k Ω	$U_e=0,2 V_{SS}$
R2=100 k Ω	$U_e=0,2 V_{SS}$
R2=1 M Ω	$U_e=0,15 V_{SS}$

Beachten Sie während der Messungen, daß der sinusförmige Verlauf der Ausgangsspannung erhalten bleibt. Verringern Sie erforderlichenfalls die Eingangsspannung. Verwenden Sie zur Messung die Cursorfunktion des Oszilloskopes.

Stellen Sie die ermittelten Funktionen in dem vorbereiteten Diagramm grafisch dar. Ermitteln Sie grafisch die Grenzfrequenzen für die einzelnen Verstärkungen und die Transitfrequenz.

Berechnen Sie mit dem Wert der offenen Verstärkung aus dem Versuch 'Eigenschaften und Grundsaltungen des OV' die Grenzfrequenz für die offene Verstärkung.

Berechnen Sie aus der ermittelten Transitfrequenz und der jeweiligen Verstärkung die einzelnen Grenzfrequenzen. Vergleichen Sie die berechneten mit den grafisch ermittelten Werten.

3.4. Phasen-Frequenzgang

Ermitteln Sie für die gleiche Schaltung und die gleichen Widerstandskombinationen wie in Punkt 3.3. die Funktionen $\varphi=f(f)$.

Hinweis: Üblicherweise wird der schaltungsbedingte Phasenwinkel von 180° nicht mit dargestellt. Kompensieren Sie diesen durch Invertierung von CH2 am Oszilloskop.

Stellen Sie die ermittelten Funktionen ebenfalls grafisch dar. Ermitteln Sie wiederum die Grenzfrequenzen für die einzelnen Verstärkungen. Vergleichen Sie die Werte mit den in Punkt 3.3. ermittelten. Bestimmen Sie den Phasenwinkel für die Transitfrequenz.

Ergänzen Sie das Datenblatt des Operationsverstärkers $\mu A 741$ aus dem Versuch 'Eigenschaften und Grundsaltungen des OV' mit den in diesem Versuch ermittelten Kennwerten.