

Praktikum Elektronik

Versuch

OPV-Grundsaltungen

1 Allgemeine Hinweise

Die **Aufgaben zur Versuchsvorbereitung sind von jedem Studenten selbst als Hausaufgaben schriftlich auszuführen** und dem gemeinsamen Protokoll der Versuchsgruppe beizufügen. Sie werden in die Bewertung des Versuches einbezogen.

Ebenso zur Vorbereitung des Praktikums gehört, sich über **alle Versuchsaufgaben** zu informieren und diese, soweit das möglich ist, theoretisch vorzubereiten (Formeln, Diagramme, Tabellen, Literatur).

Jede Praktikumsgruppe fertigt ein Protokoll an, welches innerhalb von 2 Wochen abzugeben ist. Die im Versuch erforderlichen Diagramme sind auf Millimeterpapier zu zeichnen oder computergestützt anzufertigen.

Bei der Versuchsdurchführung sind die Messschaltungen mit Hilfe der am Versuchsplatz vorliegenden Versuchsanordnung (siehe Anlage) aufzubauen.

Alle zu diesem Versuch notwendigen Verbindungskabel und –brücken sowie sämtliche Adapter sind in dem zum Versuch gehörenden Zubehörkasten vorhanden.

Die Frontplatte des Versuchsaufbaues („Analog-Board“) ist in der Anlage dargestellt. Der Versuchsaufbau enthält verschiedene Schaltungen, die durch eine Nummer gekennzeichnet sind. Bei der Versuchsdurchführung sind die einzelnen Aufgaben unbedingt mit der in der Anleitung genannten Schaltungskennzeichnung (z. B. „Schaltung 3“) durchzuführen.

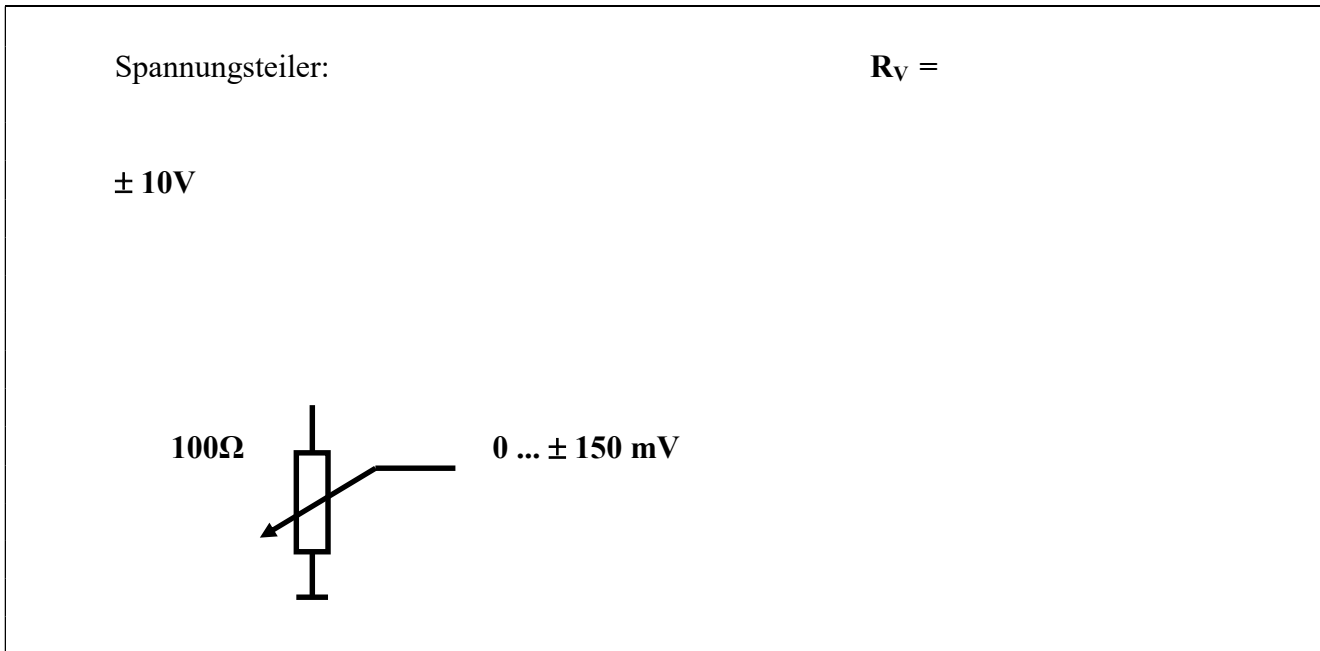
Auf- und Abbau der Messschaltungen und alle Veränderungen an der Messschaltung dürfen nur im spannungslosen Zustand vorgenommen werden (Netzschalter des Analog-Boards verwenden!).

Die Berechnungen, Erläuterungen und das Ausfüllen der Diagramme soll direkt in der Anleitung erfolgen. Für die dazu notwendigen Ausführungen ist in den Vorbereitungs- bzw. Messaufgaben ausreichend Platz vorhanden (als Gleichungsbruchstück oder eingerahmt).

Im Anhang finden Sie weiterhin detaillierte technische Informationen zu dem verwendeten Operationsverstärker $\mu A 741$, sowie geeignete Diagrammvorlagen für Ihr Protokoll. (s.a.: www.htw-dresden.de/~hkuehn, .../[/~daniel](http://www.htw-dresden.de/~daniel)).

2 Vorbereitungsaufgaben

- 2.1 Für die Bearbeitung der Aufgabe 3.1.1 benötigen Sie als Eingangsspannung $U_{e1} = 0 \dots \pm 150 \text{ mV}$. Verwenden Sie hierfür einen Spannungsteiler an $\pm 10\text{V}$ bestehend aus einem Potentiometer 100Ω und einem Vorwiderstand R_V . Dimensionieren Sie R_V !

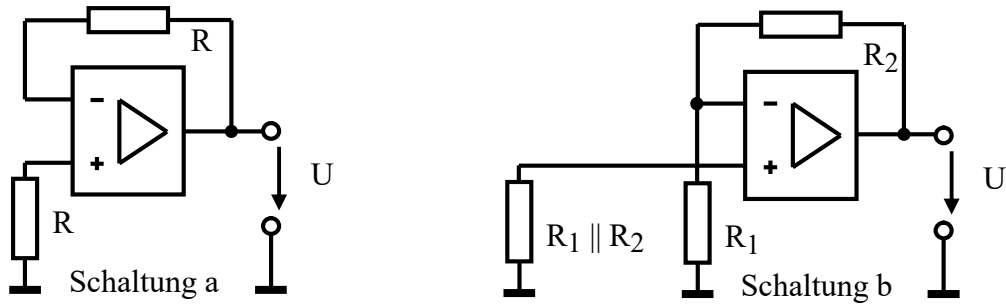


- 2.2 Dimensionieren und zeichnen Sie eine *invertierende OPV-Schaltung* (Grundsaltung) mit einer Spannungsverstärkung von 40dB. Der kleinste Widerstand soll 10KOhm sein.

- 2.3 Berechnen Sie für die in 2.2 dimensionierte Schaltung mit dem im Praktikum eingesetzten OPV $\mu\text{A}741$ die maximal mögliche Eingangsspannung (Effektivwert) unter Berücksichtigung seiner im Datenblatt angegebenen typischen *Slew-Rate* für verzerrungsfreie Übertragung einer Sinusspannung mit einer Frequenz von 50KHz.

- 2.4 Das *Bandbreiten-Verstärkungs-Produkt* begrenzt die mögliche obere Grenzfrequenz der gegengekoppelten OPV-Schaltung. Zeichnen Sie diesen Zusammenhang für den im Praktikum verwendeten OPV $\mu\text{A}741$ (Datenblatt s.Anhang) in das vorbereitete doppeltlog. Diagramm im Anhang ein.

2.5 Die angegebenen Messschaltungen a und b



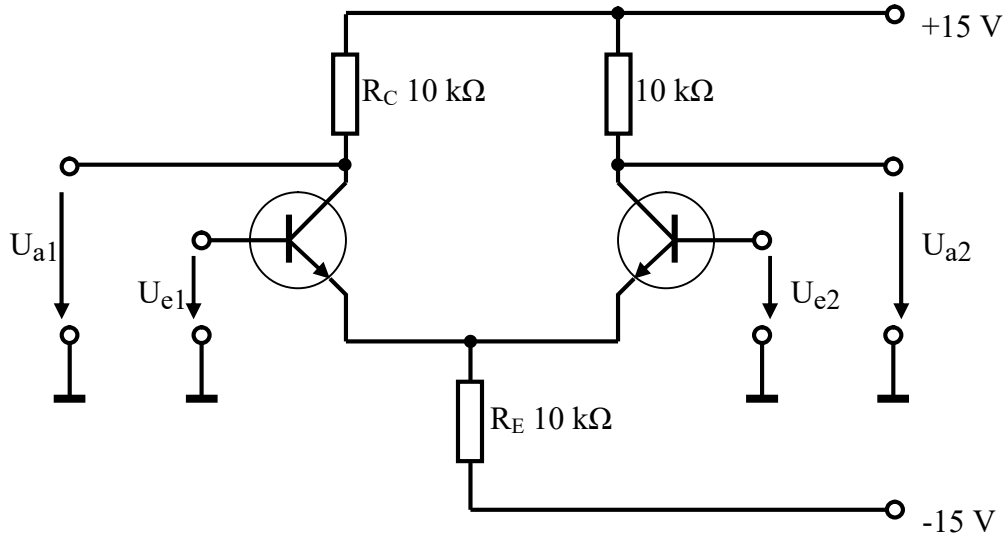
sollen zur Messung der Eingangsoffsetspannung U_{I0} und des Eingangsoffsetstromes I_{I0} verwendet werden.

Ordnen Sie die Schaltungen den Messaufgaben zu und begründen Sie die Entscheidung.
Erläutern Sie ausführlich die Funktionsweise bzw. das Messprinzip der betreffenden Schaltung!

<p>Ermittlung von I_{I0} : Schaltung ...</p>	<p>Ermittlung von U_{I0} : Schaltung ...</p>
---	---

3 Versuchsaufgaben

3.1 Differenzverstärkerstufe mit Emitterwiderstand (statische Untersuchung)



Führen Sie an der angegebenen Differenzverstärkerstufe nachfolgende Messungen durch und stellen Sie die Werte in zwei Diagrammen (Millimeterpapier) dar.

Hinweis zu a) und b): Dimensionierung s. VBA 2.1, überlegen Sie sich vorher, wie Sie die Messaufgaben sinnvoll kombinieren!

- a) $U_{a1} = f(U_{e1})$, $U_{e2} = 0$, $U_{e1} = 0 \dots \pm 150 \text{ mV}$
- b) $U_{a2} = f(U_{e1})$, $U_{e2} = 0$, $U_{e1} = 0 \dots \pm 150 \text{ mV}$
- c) $U_{a2} = f(U_{e1})$, $U_{e1} = U_{e2} = 0 \dots \pm 5 \text{ V}$

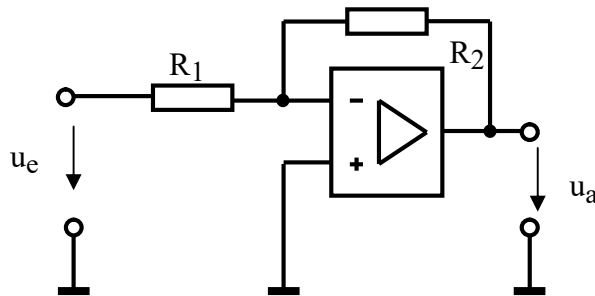
Hinweis zu c): $1 \text{ k}\Omega$ -Potentiometer ohne R_V verwenden.

Ermitteln Sie aus den Kurven die Werte für V_D (Differenzverstärkung), V_{GI} (Gleichtaktverstärkung) und G (Gleichtaktunterdrückung) im linearen Arbeitsbereich.

Formel	Dezimalwert	Wert in dB
$V_D = \left. \frac{\Delta U_{a1}}{\Delta U_{e1}} \right _{U_{e2}=0}$		
$V_{GI} = \left. \frac{\Delta U_{a2}}{\Delta U_{e2}} \right _{U_{e2}=U_{e1}}$		
$G = \frac{V_D}{V_{GI}}$		

3.2 Operationsverstärker-Grundsaltungen

3.2.1 Invertierender Verstärker



Schaltung 2
verwenden

(1) Messen Sie die Spannungsverstärkung V_u des invertierenden Verstärkers in Abhängigkeit von der Frequenz f im Bereich von 10 Hz bis 100 kHz für drei unterschiedliche Dimensionierungen und stellen Sie die Ergebnisse im doppeltlogarithmischen Diagramm (s. Anhang) dar.

- a) $V_{u(0)} = 200$, $R_2 = 1 \text{ M}\Omega$, $R_1 =$, $u_e = 25 \text{ mV}$
b) $V_{u(0)} = 100$, $R_2 = 1 \text{ M}\Omega$, $R_1 =$, $u_e = 50 \text{ mV}$
c) $V_{u(0)} = 1$, $R_2 = 10 \text{ k}\Omega$, $R_1 =$, $u_e = 0,5 \text{ V}$

Hinweis: - „ $V_{u(0)}$ “... Verst. im lin. Ü.-bereich d. Schaltung, also b. niedrigen Frequenzen und u_e
- Oszi: DC-Kopplung bis ca. 1kHz, darüber AC-Kopplung

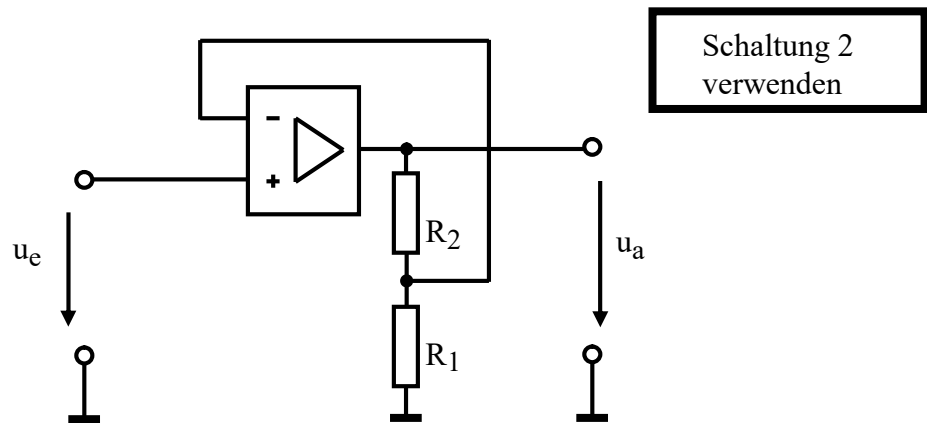
(2) Bestimmen Sie aus dem in (1) erstellten Diagramm das Verstärkungs-Bandbreiten-Produkt und vergleichen Sie mit der Datenblattangabe!

(3) Erhöhen Sie unter den Bedingungen von Aufgabe (1) c) die Eingangsspannung auf $u_e = 2,5 \text{ V}$ und beobachten Sie die Kurvenform der Ausgangsspannung bei $f = 100 \text{ Hz}$ und $f = 50 \text{ kHz}$

Hinweis: - wenn keine sichtbaren Verzerrungen erreicht werden, dann f weiter erhöhen!
- Oszi: DC-Kopplung

Nennen Sie die Gründe für die auftretenden nichtlinearen Verzerrungen (s. auch Datenblatt):

3.2.2 Nichtinvertierender Verstärker



(1) Realisieren Sie einen nichtinvertierenden Verstärker mit zwei unterschiedlichen äußeren Beschaltungswiderständen.

- a) $R_2 = 1 \text{ M}\Omega$, $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$, $u_e = 20 \text{ mV}$
- b) $R_2 = 10 \text{ k}\Omega$, $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$, $u_e = 1 \text{ V}$

Bestimmen Sie rechnerisch und messtechnisch die Spannungsverstärkung V_u bei $f = 1 \text{ kHz}$

<p>a) V_u berechnet = _____ = _____ , V_u gemessen = _____ = _____</p> <p>b) V_u berechnet = _____ = _____ , V_u gemessen = _____ = _____</p>

(2) Bestimmen Sie für Aufgabe (1) b) die Aussteuerungsgrenze* für $f = 1 \text{ kHz}$ und $f = 50 \text{ kHz}$ durch oszilloskopische Beobachtung der Ausgangsspannung.

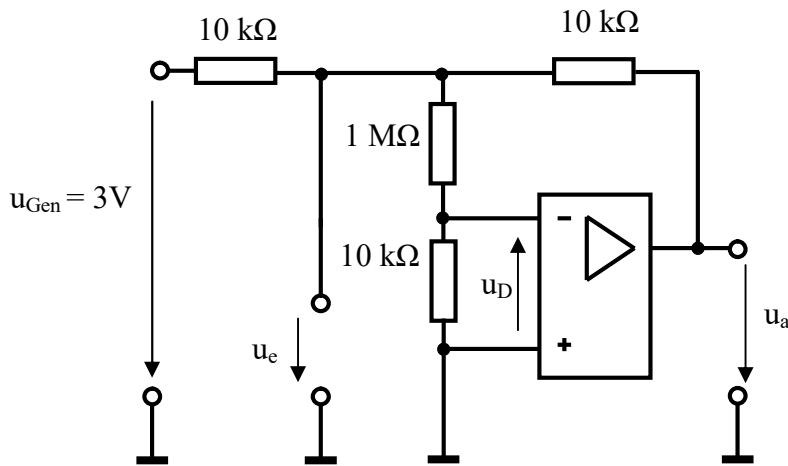
<p>$u_{\text{emax } 1\text{kHz}} =$ _____</p> <p>$u_{\text{emax } 50\text{kHz}} =$ _____</p>
--

**)Hinweis: Durch Verzicht auf die „Anpassung“ lässt sich die Generatorausgangsspannung bei Bedarf weiter erhöhen (warum?).*

3.3 Messung statischer und dynamischer Kenngrößen des Operationsverstärkers

3.3.1 Differenzverstärkung des nicht gegengekoppelten Operationsverstärkers

(→ Leerlaufverstärkung!)



Schaltung 2
verwenden

Spannungsteiler 10 kΩ
von Schaltung 4 verwenden

Hinweise:

u_e mit Multimeter (Agilent/HP 34401) messen!

*Nehmen Sie die Schaltung
zunächst bei 1KHz in Betrieb!*

(1) Bestimmen Sie mit der angegebenen Messschaltung die Differenzverstärkung $V_D(f)$ des Operationsverstärkers durch Messung von u_a und u_e in Abhängigkeit von der Frequenz f

$$V_D = \frac{u_a}{u_e} \quad \text{für } f = 20 \text{ Hz ... } 35 \text{ kHz.}$$

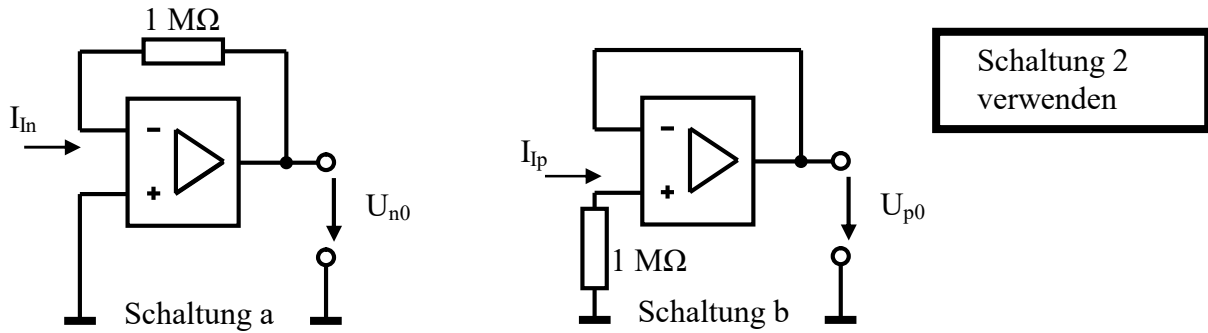
und stellen Sie den Zusammenhang im doppeltlogarithmischen Diagramm (s. Anhang) dar. Kontrollieren Sie während der Messungen oszilloskopisch das lineare Übertragungsverhalten der Schaltung.

(2) Bestimmen Sie aus den Messungen die 3dB Grenzfrequenz des OPV (bei Leerlaufverstärkung)

$$f_g = \quad \text{Hz}$$

(3) Berechnen Sie das Verstärkung-Bandbreite-Produkt und vergleichen Sie diesbezüglich alle bisherigen Ergebnisse:

3.3.2 Ermittlung der Eingangsströme



(1) Ermitteln Sie die Größe der Eingangsströme I_{In} und I_{Ip} durch Messung der Ausgangsspannung der entsprechenden Messschaltung.

Hinweis: Beachten Sie die vorgegebene Stromrichtung („in den OPV hinein“).

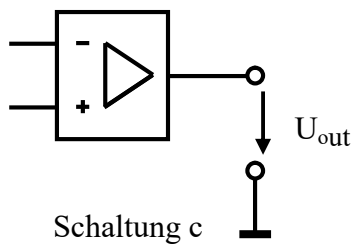
$U_{n0} =$

$U_{p0} =$

$I_{In} = \text{_____} \cdot U_{n0} = \text{_____} \text{ A}$

$I_{Ip} = \text{_____} \cdot U_{p0} = \text{_____} \text{ A}$

(2) Ergänzen Sie die angegebene Messschaltung so, dass der Eingangsoffsetstrom $I_{I0} = I_{In} - I_{Ip}$ unmittelbar durch die Messung der Ausgangsspannung U_{out} ermittelt werden kann.



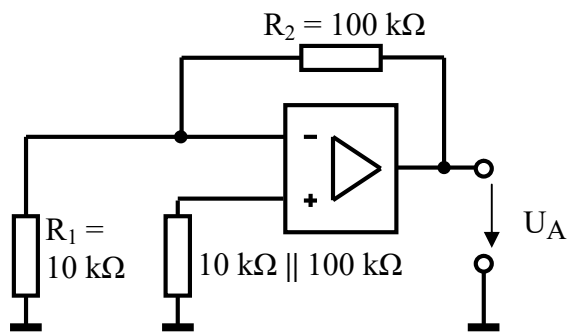
$I_{I0} = \text{_____} \cdot U_{out} = \text{_____} \text{ A}$

Schaltung 2 verwenden

(3) Berechnen Sie die Größe des mittleren Eingangsruhestromes I_{IB} (input bias current).

$I_{IB} = \text{_____} = \text{_____}$

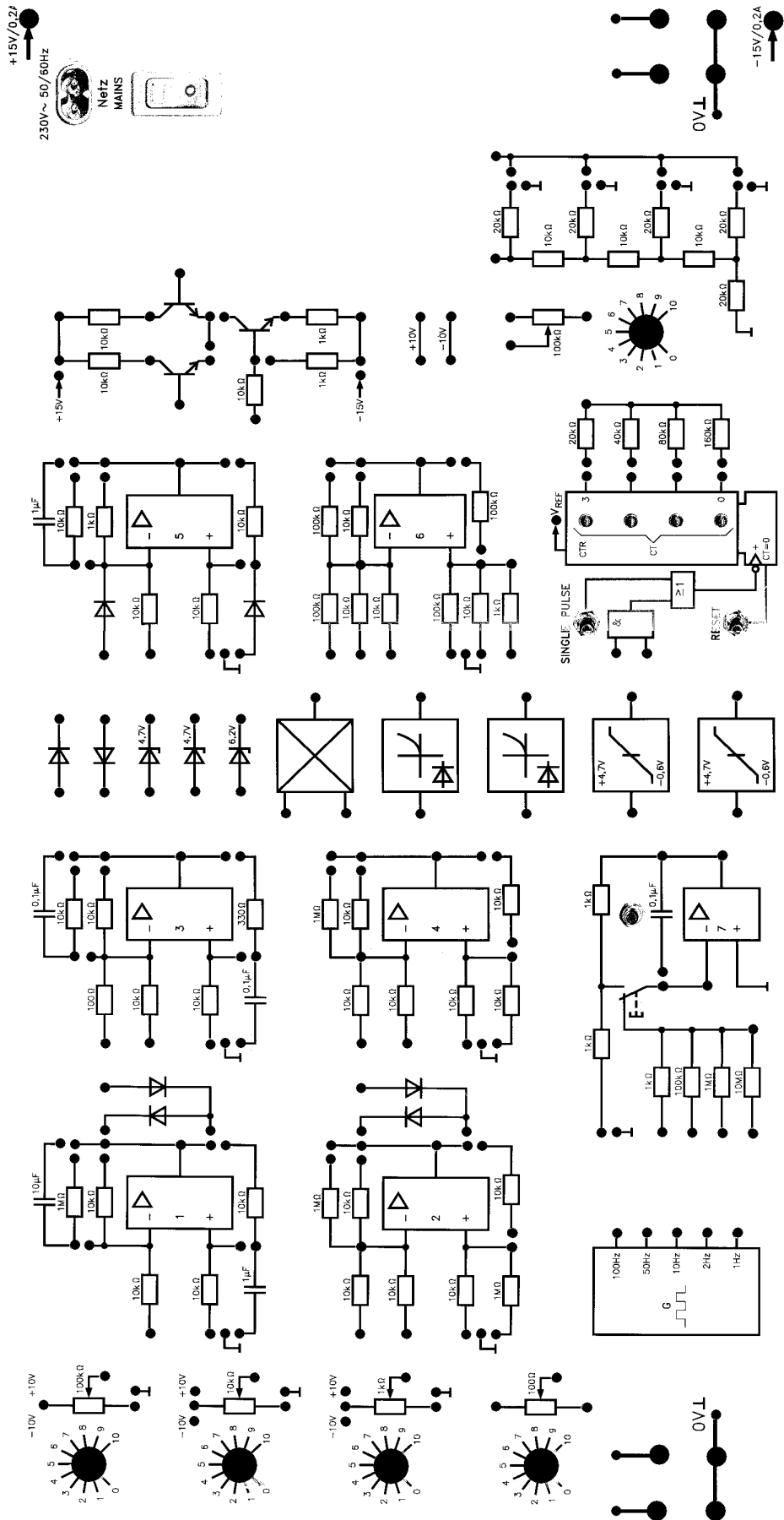
3.3.3 Messung der Eingangsoffsetspannung



Schaltung 6
verwenden

Ermitteln Sie die Größe der Eingangsoffsetspannung durch Messung der Ausgangsspannung U_{out} der angegebenen Messschaltung

$$U_{I0} = \text{---} \cdot U_A =$$



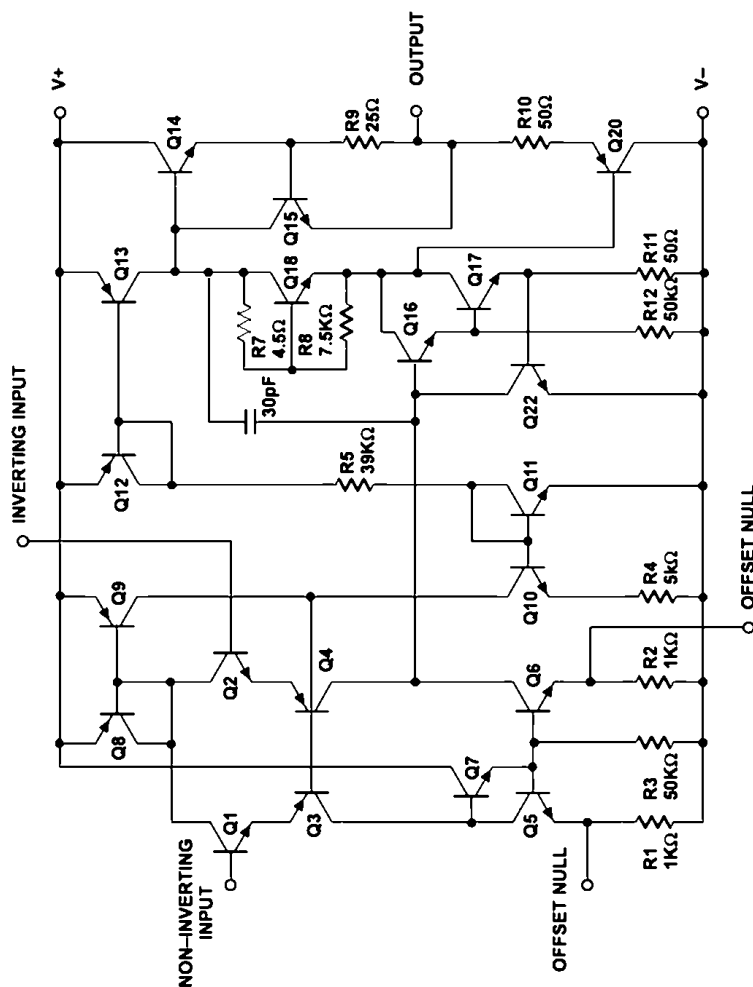
ANALOG BOARD

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

$V_{CC} = \pm 15V$, $T_{amb} = +25^{\circ}C$ (unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_{io}	Input Offset Voltage ($R_S \leq 10k\Omega$) $T_{amb} = +25^{\circ}C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$		1	5 6	mV
I_{io}	Input Offset Current $T_{amb} = +25^{\circ}C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$		2	30 70	nA
I_{ib}	Input Bias Current $T_{amb} = +25^{\circ}C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$		10	100 200	nA
A_{vd}	Large Signal Voltage Gain ($V_o = \pm 10V$, $R_L = 2k\Omega$) $T_{amb} = +25^{\circ}C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$	50 25	200		V/mV
SVR	Supply Voltage Rejection Ratio ($R_S \leq 10k\Omega$) $T_{amb} = +25^{\circ}C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$	77 77	90		dB
I_{CC}	Supply Current, no load $T_{amb} = +25^{\circ}C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$		1.7	2.8 3.3	mA

V_{icm}	Input Common Mode Voltage Range $T_{amb} = +25^{\circ}C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$	± 12 ± 12			V
CMR	Common Mode Rejection Ratio ($R_S \leq 10k\Omega$) $T_{amb} = +25^{\circ}C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$	70 70	90		dB
I_{os}	Output short Circuit Current	10	25	40	mA
$\pm V_{opp}$	Output Voltage Swing $T_{amb} = +25^{\circ}C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$	12 10 12 10	14 13		V
SR	Slew Rate $V_i = \pm 10V$, $R_L = 2k\Omega$, $C_L = 100pF$, unity Gain	0.25	0.5		V/ μs
t_r	Rise Time $V_i = \pm 20mV$, $R_L = 2k\Omega$, $C_L = 100pF$, unity Gain		0.3		μs
K_{ov}	Overshoot $V_i = 20mV$, $R_L = 2k\Omega$, $C_L = 100pF$, unity Gain		5		%
R_i	Input Resistance	0.3	2		M Ω
GBP	Gain Bandwidth Product $V_i = 10mV$, $R_L = 2k\Omega$, $C_L = 100pF$, $f = 100kHz$	0.7	1		MHz
THD	Total Harmonic Distortion $f = 1kHz$, $A_v = 20dB$, $R_L = 2k\Omega$, $V_o = 2V_{pp}$, $C_L = 100pF$, $T_{amb} = +25^{\circ}C$		0.06		%
e_n	Equivalent Input Noise Voltage $f = 1kHz$, $R_S = 100\Omega$		23		$\frac{nV}{\sqrt{Hz}}$



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	UA741M	UA741	UA741C	Unit
V_{CC}	Supply voltage		± 22		V
V_{id}	Differential Input Voltage		± 30		V
V_i	Input Voltage		± 15		V
P_{tot}	Power Dissipation ¹⁾		500		mW
	Output Short-circuit Duration		Infinite		
T_{oper}	Operating Free-air Temperature Range	-55 to +125	-40 to +105	0 to +70	$^{\circ}C$
T_{slg}	Storage Temperature Range		-65 to +150		$^{\circ}C$

1. Power dissipation must be considered to ensure maximum junction temperature (T_j) is not exceeded.

