

# Praktikum Elektronik für FB Informatik

## Versuch Analoge Grundsaltungen

### 1 Allgemeine Hinweise

Die Aufgaben zur Versuchsvorbereitung sind vor dem Versuchstermin von jedem Praktikumssteilnehmer **als Hausaufgaben schriftlich** auszuführen. Sie sind Bestandteil des Protokolls und 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, Literaturstudium).

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 aufzubauen. Dazu werden die Bauelemente durch Verbindungskabel bzw. -brücken mit dem Versuchsaufbau verbunden oder gebrückt und die Messgeräte angeschlossen.

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

Die Frontplatte des Versuchsaufbaus (Analog-Board) ist in der Anlage 1 dargestellt. Der Versuchsaufbau enthält verschiedene Schaltungen, die durch eine Nummer gekennzeichnet sind. Bei der Versuchsdurchführung sind also die einzelnen Aufgaben mit der in der Anleitung genannten Schaltungskennzeichnung (z. B. „Schaltung 3“) durchzuführen.

Beachten Sie:

- Auf- und Abbau der Messschaltungen und alle Veränderungen an der Messschaltung dürfen nur im spannungslosen Zustand vorgenommen werden (Netzschalter Analog-Board).
- Die Polarität der unsymmetrischen (einseitig geerdeten) elektronischen Messgeräte ist zu beachten.

Die Berechnungen, Erläuterungen und das Ausfüllen der Diagramme sollten möglichst direkt in den entsprechenden Textabschnitten der Anleitung erfolgen.

Doppelt logarithmische Diagrammvordrucke befinden sich in der Anlage.

Die Schaltung und wichtige Kennwerte des verwendeten OPV  $\mu A741$  finden Sie in der Anlage. Informieren Sie sich auch über die Verwendung und Funktionsweise von Funktionsgeneratoren und Oszilloskopen (z.B.: <http://de.wikipedia.org/wiki/...>)!

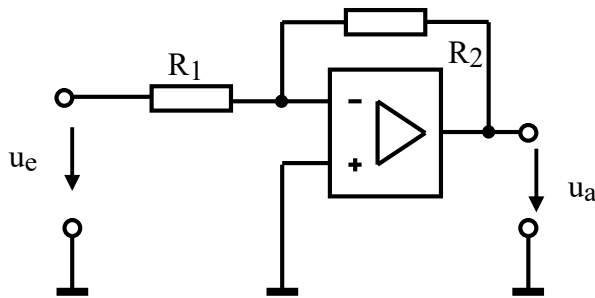
## 2 Vorbereitungsaufgaben

- 2.1 Erklären Sie die Begriffe „Frequenzgang“, „Bandbreite“, „obere und untere Grenzfrequenz“ (ggfs. Skizze)!
- 2.2 Stellen Sie sich eine tabellarische Übersicht für wichtige Spannungs-Übertragungsverhältnisse zusammen  
-> je dekadisch und logarithmisch:  
 $V_u = 1 / 10 / 100 / 0,1 / 0,01 // 3\text{dB} / 6\text{dB} / 20\text{dB} / 40\text{dB} / -20\text{dB} / -3\text{dB}$
- 2.3 Wie groß ist das Bandbreiten-Verstärkungsprodukt des im Praktikum eingesetzten OPV  $\mu\text{A}741$  (s.Anlage). Welche Grenzfrequenz ergibt sich daraus bei einer Spannungsverstärkung der OPV-Schaltung von 100?
- 2.4 Skizzieren Sie für die Aufgabe 3.5 den zu erwartenden Frequenzgang der Leerlaufverstärkung (s. Vorlesung)!
- 2.5 Berechnen Sie für die Aufgabe 3.4 (Schmitt-Trigger) die beiden Umschaltspannungen.  
*Hinweis: Die Betriebsspannung des OPV beträgt +/- 15V !*  
Wählen Sie eine geeignete Eingangsspannung für die Messungen.  
Skizzieren Sie die von Ihnen erwarteten Signalverläufe am Eingang ( $U_e$ ) und am Ausgang ( $U_a$ ) des Komparators. Beachten Sie dabei besonders die zeitlichen Zusammenhänge (Umschaltzeitpunkte, Hysterese).
- 2.6 Bereiten Sie die Messaufgaben der folgenden Seiten vor und führen Sie bereits alle Berechnungen aus, die ohne Messungen möglich sind.

### 3 Versuchsaufgaben

#### 3.1 Invertierender Verstärker

*Hinweis:*  
Nehmen Sie Ihre Messschaltungen immer zunächst bei „mittleren“ Frequenzen (z.B. 1kHz) in Betrieb!



**Schaltung 2  
verwenden**

$$V_u(R_1, R_2) =$$

( $V_u$  ... bei „niedrigen“ Frequenzen)

(1) Messen Sie die Spannungsverstärkung  $V_u$  des invertierenden Verstärkers in Abhängigkeit von der Frequenz  $f$  im Bereich von 20 Hz bis 50 kHz.

Dimensionieren Sie mittels  $R_1$  und  $R_2$  unterschiedliche Verstärkungen bei niedrigen Frequenzen. Stellen Sie die Ergebnisse in einem Diagramm mit doppeltlogarithmischem Maßstab dar (siehe Anlage 3). Der kleinste Widerstand sei jeweils 10 k $\Omega$ .

a)  $|V_u| = 100$ ,  $R_2 =$  ,  $R_1 =$  ,  $u_e = 50$  mV

b)  $|V_u| = 1$ ,  $R_2 =$  ,  $R_1 =$  ,  $u_e = 500$  mV

(2) Erhöhen Sie unter den Bedingungen von Aufgabe (1) b)

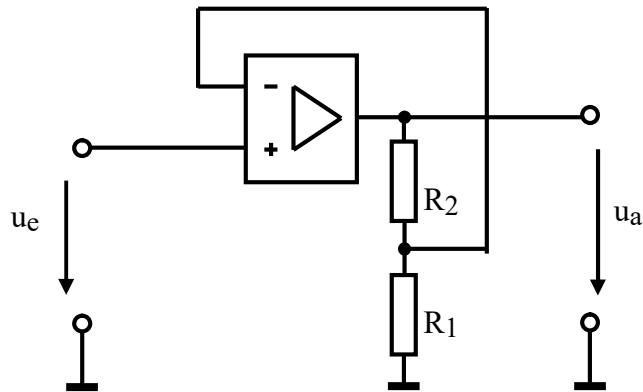
die Eingangsspannung auf  $1\text{V} \leq u_e \leq 6\text{V}$  (Effektivwert!) und beobachten Sie die Kurvenform der Ausgangsspannung am Oszilloskop bei  $f = 100$  Hz und  $f = 50$  kHz.

**Hinweis:** Entfernen Sie bei Bedarf den installierten Abschlusswiderstand (BNC, 50  $\Omega$ ) im System! Um welchen Faktor erhöht sich durch diese Maßnahme die Spannung am Funktionsgenerator (Funktionsgenerator im Leerlauf)?

Skizzieren Sie auf einem Extblatt die verschiedenen Oszillogramme  $u_e(t)$ ,  $u_a(t)$ !

Nennen Sie Gründe für nichtlineare Verzerrungen:

### 3.2 Nichtinvertierender Verstärker



Schaltung 2  
verwenden

$V_u(R_1, R_2) =$

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

a)  $R_2 = 1 \text{ M}\Omega$  ,  $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$  ,  $u_e = 50 \text{ mV}$

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  $f = 1 \text{ kHz}$

a)  $V_u$  berechnet = \_\_\_\_\_ = \_\_\_\_\_ ,  $V_u$  gemessen = \_\_\_\_\_ = \_\_\_\_\_

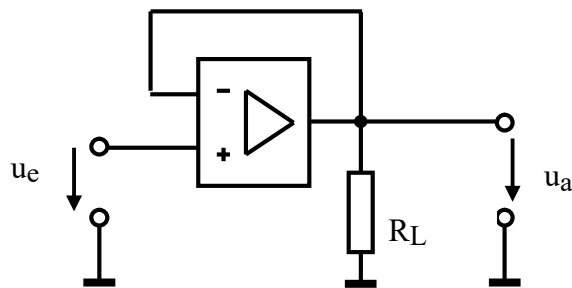
b)  $V_u$  berechnet = \_\_\_\_\_ = \_\_\_\_\_ ,  $V_u$  gemessen = \_\_\_\_\_ = \_\_\_\_\_

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

$u_{\text{emax } 1\text{kHz}} =$

$u_{\text{emax } 50\text{kHz}} =$

### 3.3 Impedanzwandler (Spannungsfolger)



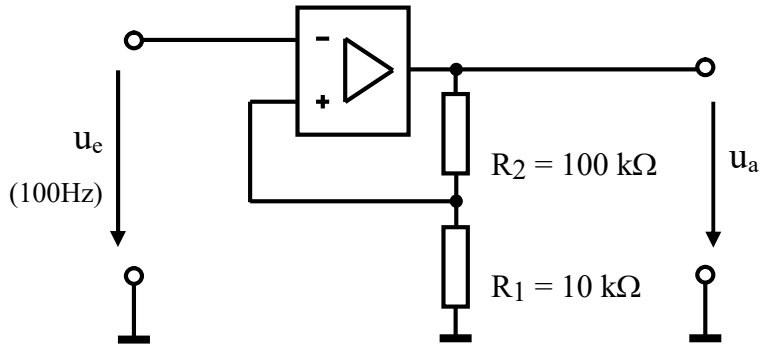
**Schaltung 1  
verwenden**

Messen Sie die Ausgangsspannung als Funktion der Eingangsspannung bei den unterschiedlichen Signalfrequenzen und tragen Sie die Ergebnisse in ein Diagramm ein

a)  $f = 120 \text{ Hz}$      $u_e = 50 \text{ mV} \dots 3 \text{ V}$      $R_L = 10 \text{ k}\Omega$

b)  $f = 70 \text{ kHz}$      $u_e = 50 \text{ mV} \dots 3 \text{ V}$      $R_L = 10 \text{ k}\Omega$

### 3.4 Komparator, Schmitt-Trigger



**Schaltung 6  
verwenden**

*Hinweis:*  
Die Betriebsspannung  
des OPV  
beträgt +/- 15V

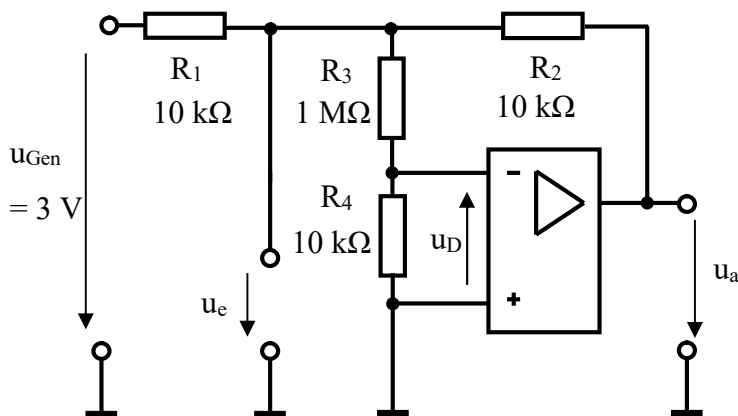
Messen Sie oszilloskopisch die Umschaltunkte  $U_{EH}$  und  $U_{EL}$  des Schmitt-Triggers (Komparator mit Hysterese).

$U_{e(HL)} =$
$U_{e(LH)} =$

**Zusatzaufgabe:** Stellen Sie das Verhalten des Schmitt-Triggers mittels *Lissajous-Figur* dar.

### 3.5 Differenzverstärkung des unbeschalteten Operationsverstärkers

- Hinweise:**
- Vorbereitung des Koordinatensystems (doppeltlogarithmisch, s. Anlage 4, quer):  
Y-Achse: Verstärkung bis  $10^5$ , X-Achse: Beginn bei 20Hz
  - verwenden Sie für  $u_e$  das Digitalmultimeter (HP/Agilent 34 401)
  - stellen Sie die Messkanäle des Oszis auf „AC-Kopplung“
  - beginnen Sie Ihre Messungen **nicht** bei den Grenzen (20Hz, 35kHz)
  - überzeugen Sie sich **vor** der Messung zunächst von der korrekten Funktion der Schaltung bei einer „mittleren“ Frequenz (ca. 1KHz)!



**Schaltung 2  
verwenden**  
(Spannungsteiler  
von Schaltung 4)

(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  $f$

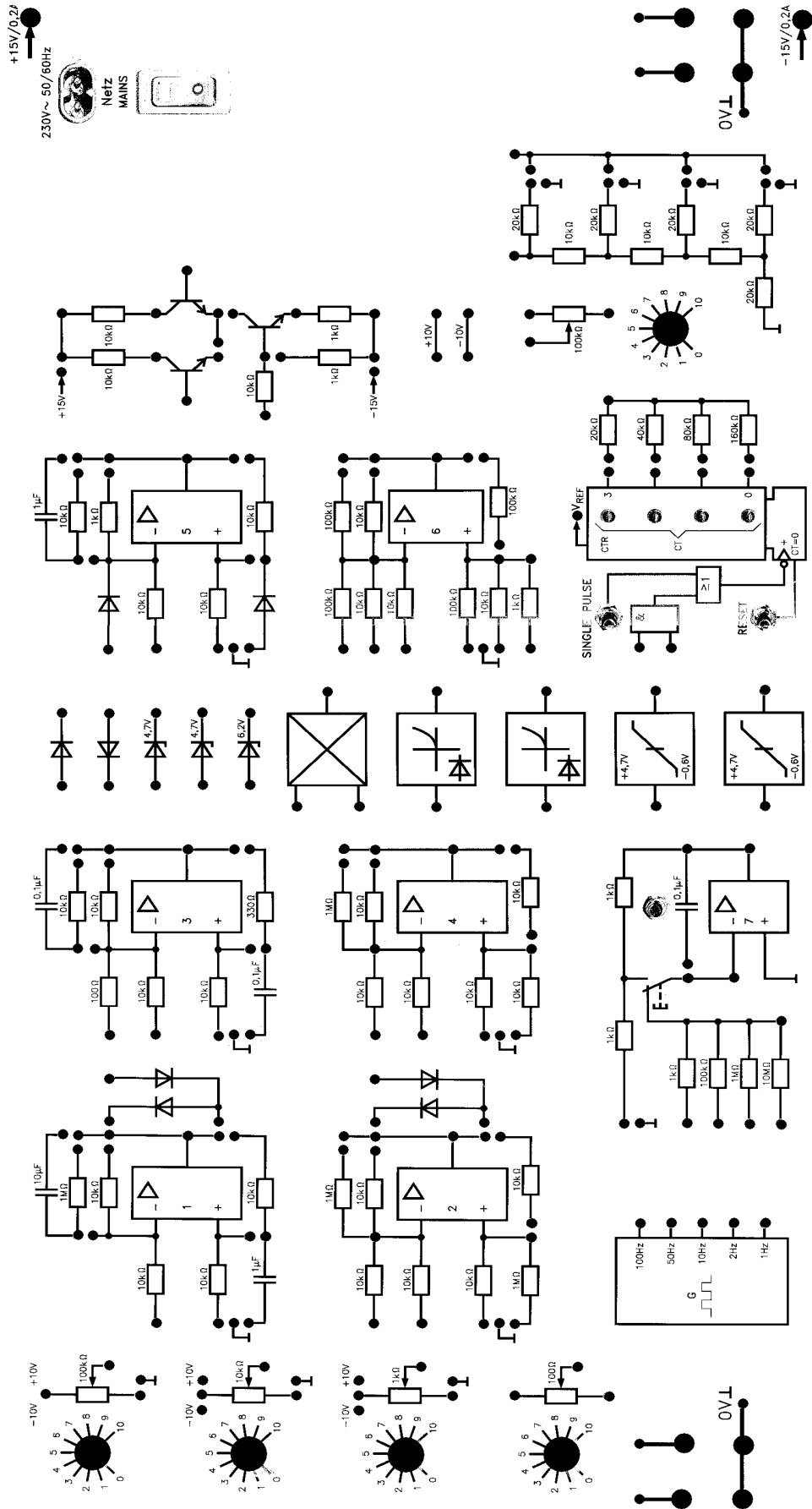
$$V_D = \frac{u_a}{u_e} \quad \text{für } f = 20 \text{ Hz} \dots 35 \text{ kHz.}$$

und stellen Sie den Zusammenhang im Diagramm dar.

(2) Bestimmen Sie aus den Messungen die 3dB-Grenzfrequenz des OPV.

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

# Anlage 1: Layout Messplatz



ANALOG BOARD

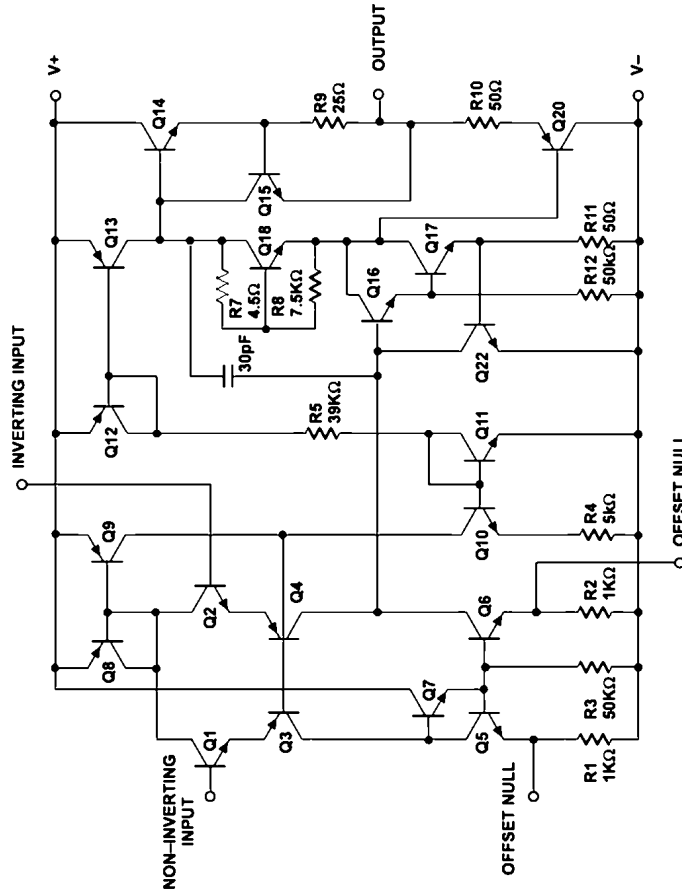


**ELECTRICAL CHARACTERISTICS**

$V_{CC} = \pm 15V$ ,  $T_{amb} = +25^{\circ}C$  (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 $T_{amb} = +25^{\circ}C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$	$\pm 12$ $\pm 12$			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/ $\mu s$
$t_r$	Rise Time $V_i = \pm 20mV$ , $R_L = 2k\Omega$ , $C_L = 100pF$ , unity Gain		0.3		$\mu s$
$K_{ov}$	Overshoot $V_i = 20mV$ , $R_L = 2k\Omega$ , $C_L = 100pF$ , unity Gain		5		%
$R_i$	Input Resistance	0.3	2		M $\Omega$
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		$\frac{nV}{\sqrt{Hz}}$

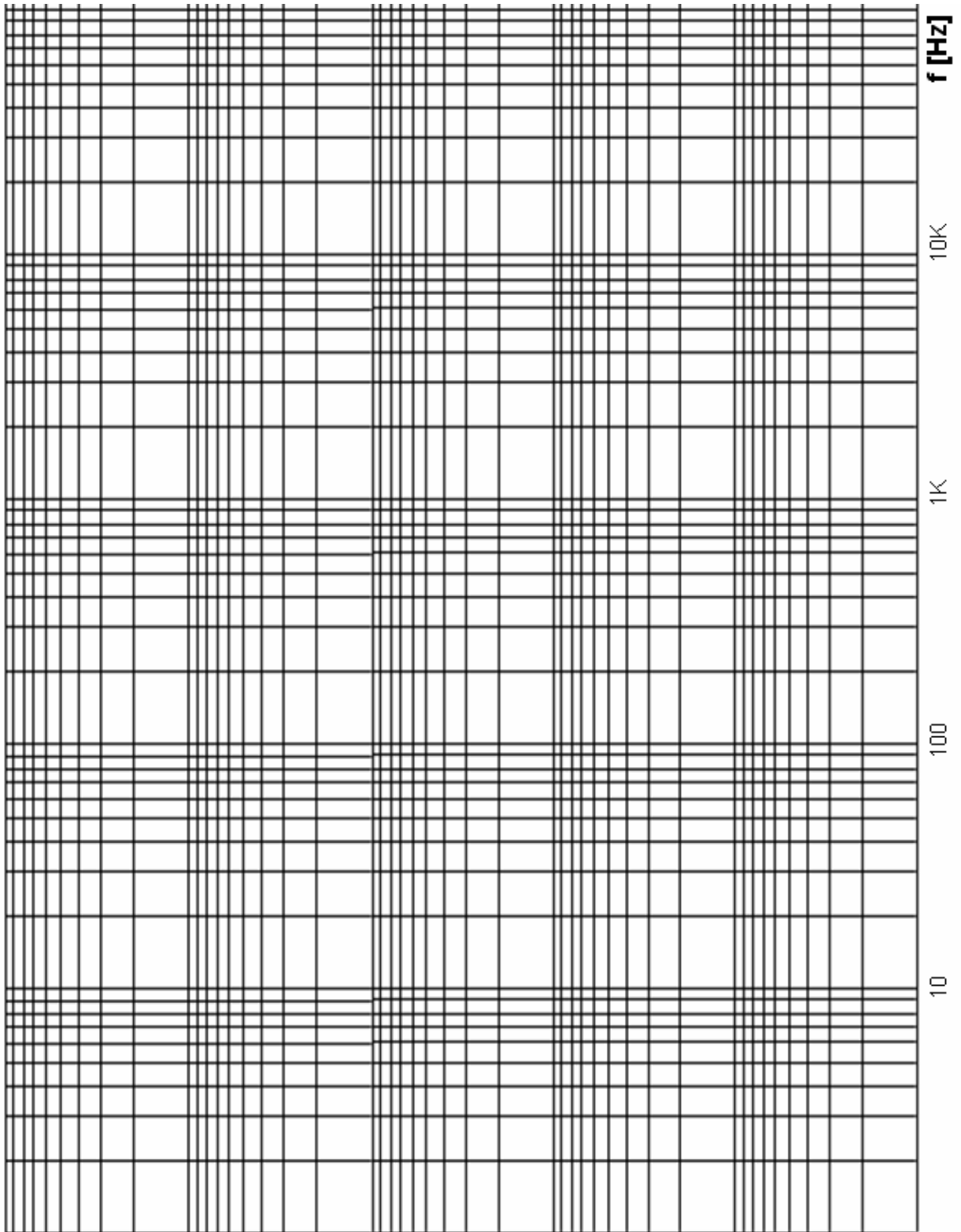


**ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS**

Symbol	Parameter	UA741M	UA741I	UA741C	Unit
$V_{CC}$	Supply voltage		$\pm 22$		V
$V_{id}$	Differential Input Voltage		$\pm 30$		V
$V_i$	Input Voltage		$\pm 15$		V
$P_{tot}$	Power Dissipation <sup>1)</sup>		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.

### Anlage 3



# Anlage 4

