

SIEMENS

Bauelemente

**Technische Erläuterungen
und Kenndaten für Studierende**

2. Lineare Schaltungen

Lineare Schaltungen umfassen die Produktgruppen Operationsverstärker, Funktionsbausteine und Spannungsregler.

2.1. Typenübersicht und Anwendungen

Operationsverstärker

TAA 761, A, G, GG, K, W	Universaloperationsverstärker
TAA 765, A, G, GG, W	Universaloperationsverstärker
TAA 762	Universaloperationsverstärker
TAA 861, A, G, GG, W	Universaloperationsverstärker
TAA 865, A, G, GG, W	Universaloperationsverstärker
TAA 862	Universaloperationsverstärker
TBB 1331 A	OP mit Darlington-Eingang
TCA 311, A, G, GG, W	OP mit Darlington-Eing. TTL kompatibel
TCA 315, A, G, GG, W	OP mit Darlington-Eing. TTL kompatibel
TCA 312	OP mit Darlington-Eing. TTL kompatibel
TCA 321, A, G, GG, W	Operationsverstärker TTL kompatibel
TCA 325, A, G, GG, W	Operationsverstärker TTL kompatibel
TCA 322	Operationsverstärker TTL kompatibel
TCA 331, A, G, GG, K, W	OP mit Darlington-Eingang
TCA 335, A, G, GG, W	OP mit Darlington-Eingang
TCA 332	OP mit Darlington-Eingang
TAA 521, A, TAA 522	Operationsverstärker
TBA 221, A, B, G, GG, K, W	Frequenz komp. Operationsverstärker
TBA 222, TBA 221 S1	Frequenz komp. Operationsverstärker
TBB 0748, B, TBC 0748	Operationsverstärker
TAB 1453 A	PNP-Operationsverstärker
LF 355 N, LF 356 N, LF 357 N	JFET Operationsverstärker
TAA 2761, A, TAA 2765, A	Doppeloperationsverstärker
TAA 2762	Doppeloperationsverstärker
TBB 2331, B, TBE 2335, B	Doppel-OP mit Darlington-Eingang
TBC 2332	Doppel-OP mit Darlington-Eingang
TBB 0747, A, TBC 0747	Doppeloperationsverstärker
TBB 1458, B, GG, TBC, 1458	Doppeloperationsverstärker
TAA 4761 A, TAA 4765 A	Vierfachoperationsverstärker
TBB 4331 A, TBE 4335 A	Vierfachoperationsverstärker mit Darlington-Eingang
TBB 0324 A	Vierfach PNP-Operationsverstärker

Funktionsbausteine

TBA 830 G, R	Mikrofonverstärker
TCA 105, B, W, BW, GG	Schwellenwertschalter
TCA 205, A, K	Näherungsschalter
TCA 345 A, W	Schwellenwertschalter
TCA 671, 871, 971, 991, 991 K	Transistor-Array
TCA 780, D	Phasenanschnittsteuerung
TCA 955, K	Drehzahlregler
TCA 965, K	Fensterdiskriminator
TDB 0555, B, TDC 0555	Zeitgeberschaltung
TDB 0556 A	Doppel-Zeitgeberschaltung
UAA 170	LED-Treiber für Leuchtpunktanzeigen
UAA 180	LED-Treiber für Leuchtbandanzeigen
SDA 5010	6 Bit A/D-Wandler
SDA 6020	6 Bit A/D-Wandler
TFA 1001 W	Fotodiode mit Verstärker

Spannungsregler

TDB 0723, A, TDC 0723	Präzisionsspannungsregler
TDB 7800, T, TDC 7800	Festspannungsregler
TDB 0117, T, TDC 0117	Einstellbarer Spannungsregler
TDA 4700, A	Integrierte Steuerschaltung
TDA 4718, A	Integrierte Steuerschaltung
TDB 7805, T, TDC 7805	Positiv-Spannungsregler mit 5 V Ausgangsspannung
TDB 7806, T, TDC 7806	Positiv-Spannungsregler mit 6 V Ausgangsspannung
TDB 7808, T, TDC 7808	Positiv-Spannungsregler mit 8 V Ausgangsspannung
TDB 7812, T, TDC 7812	Positiv-Spannungsregler mit 12 V Ausgangsspannung
TDB 7815, T, TDC 7815	Positiv-Spannungsregler mit 15 V Ausgangsspannung
TDB 7818, T, TDC 7818	Positiv-Spannungsregler mit 18 V Ausgangsspannung
TDB 7824, T, TDC 7824	Positiv-Spannungsregler mit 24 V Ausgangsspannung

2.2. Beispiele: Operationsverstärker

Allgemeine Angaben

Vorwort zu Operationsverstärkern

Integrierte Operationsverstärker sind Gleichspannungsverstärker mit einem sehr breiten Anwendungsfeld in der Regelungstechnik, der industriellen Elektronik sowie in der NF-Technik.

Symbolik und Bezeichnungen

Im Schaltsymbol »Operationsverstärker« werden nur Eingangs- und Ausgangsanschlüsse gezeichnet. Bild 1 zeigt das verwendete Symbol, wobei Anschluß 1 den »invertierenden Eingang«, Anschluß 2 den »nicht invertierenden Eingang« und Anschluß 3 den Ausgang kennzeichnet. Dabei hat ein positives Signal an 1 ein negatives Signal an 3 zur Folge.

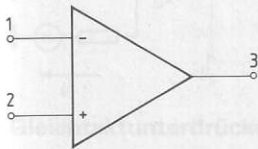


Bild 1

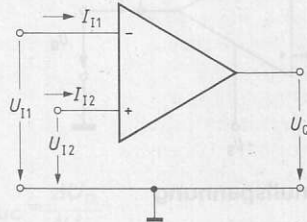


Bild 2

Die Definitionen der wichtigsten Bezeichnungen, die einen Operationsverstärker im allgemeinen ausreichend charakterisieren, sind im folgenden zusammengestellt. Alle Angaben beziehen sich auf symmetrische Versorgungsspannungen.

- a) Eingangs-Null-Spannung (Eingangs-Offset-Spannung) U_{10} ist diejenige Spannungsdifferenz, die an den Eingängen angelegt werden muß, damit der Ausgang auf 0 V liegt (Bild 2).

$$U_{10} = U_{11} - U_{12} \text{ bei } U_a = 0 \text{ und Generatorwiderstand } R_G = 50 \Omega.$$

- b) I_1 ist der mittlere statische Eingangsstrom, der für die Funktion des OP notwendig ist (Bild 2).

$$I_1 = \frac{I_{11} + I_{12}}{2}.$$

- c) Eingangs-Null-Strom (Eingangs-Offset-Strom) I_{10s} ist die Differenz der Eingangsströme im Arbeitsbereich. Er kann bei hohem Generatorwiderstand störend wirken (Bild 2).

- d) Leerlauf (-Spannungs) Verstärkung A_{U0} ist die Verstärkung ohne Gegenkopplung (Bild 3)

$$A_{U0} = \frac{U_a}{U_1}$$

- e) Gleichtaktverstärkung A gibt die Verstärkung eines an beiden Eingängen gleichphasig eingespeisten Signales an (Bild 4).

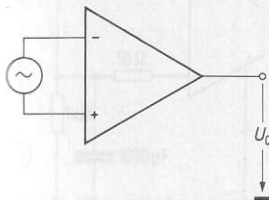


Bild 3

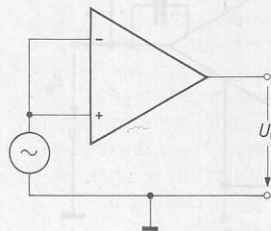
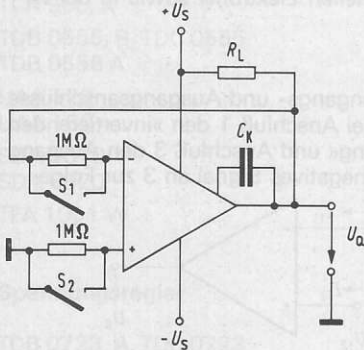


Bild 4

Prüfschaltungen für Operationsverstärker

Eingangsstrom, Eingangsnullstrom



S_1 offen – S_2 geschlossen:

$$I_{1-} = \frac{U_a}{1 \text{ M}\Omega}$$

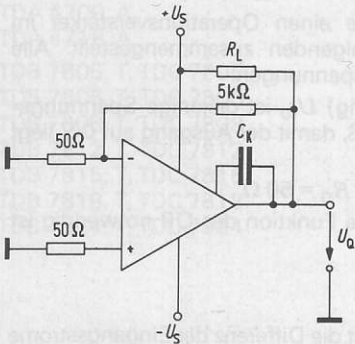
S_2 offen – S_1 geschlossen:

$$I_{1+} = \frac{U_a}{1 \text{ M}\Omega}$$

$S_1 + S_2$ offen:

$$I_{10} \approx \frac{U_a}{1 \text{ M}\Omega}$$

Eingangsnullspannung

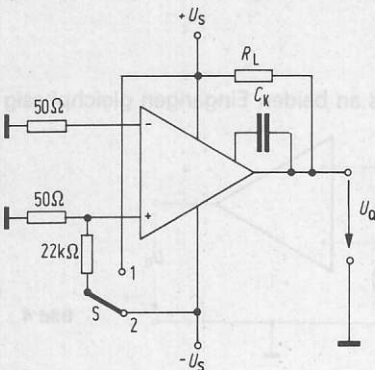


$$U_{10} = U_{a0} / A_{U0}$$

$$A_{U0} = 100$$

$$U_{10} = \frac{U_{a0}}{100}$$

Ausgangsspannung, Aussteuerfähigkeit

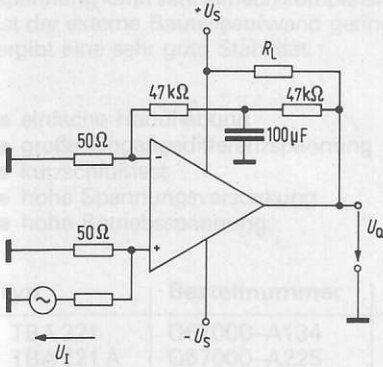


S in Stellung 1: $U_a = U_{aL}$

S in Stellung 2: $U_a = U_{a0}$

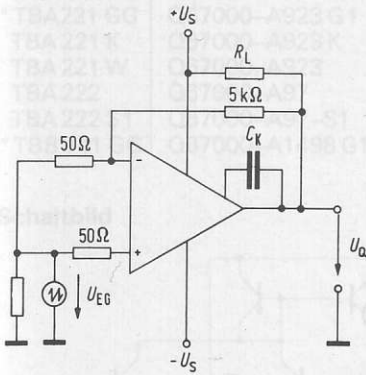
Allgemeine Angaben

Leerlaufspannungsverstärkung bei $f = 1 \text{ kHz}$



$$A_{UO} = 20 \lg \left(\frac{U_O}{U_I} \right) [\text{dB}]$$

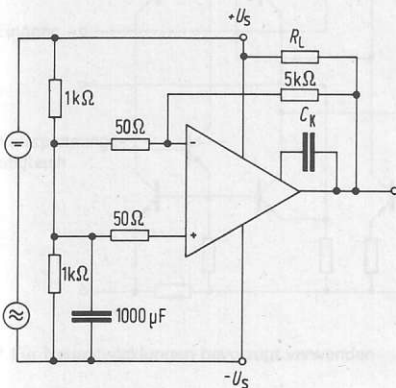
Gleichtaktunterdrückung



$$A_{UC} = \frac{\Delta U_O}{\Delta U_{IC}}$$

$$k_{CMR} = 20 \lg \frac{A_{UO}}{A_{UC}} [\text{dB}]$$

Betriebsspannungsunterdrückung



$$\frac{\Delta U_{10}}{\Delta U_S} = \frac{\Delta U_{10}}{100 \cdot \Delta U_S}$$

Alphabetische Zusammenstellung der verwendeten Kurzzeichen

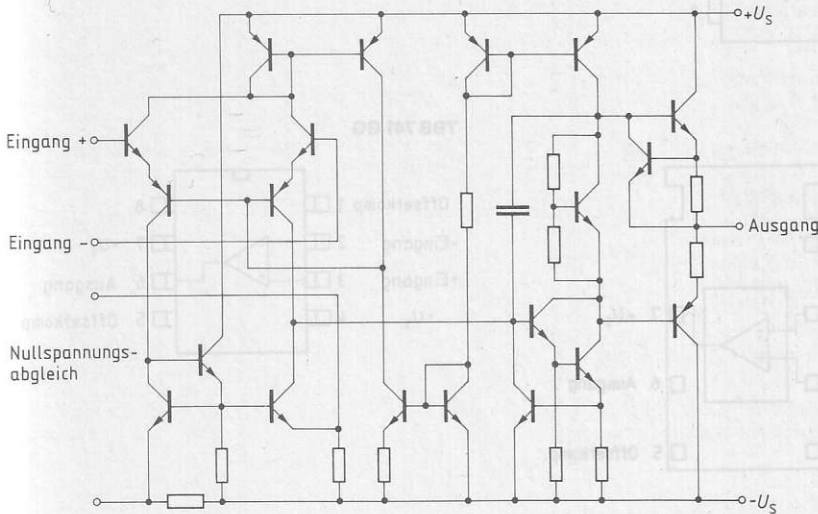
A_{U0}	Leerlaufspannungsverstärkung
A_U	Verstärkung
α_{U10}	Temperaturkoeffizient von U_{10}
α_{I10}	Temperaturkoeffizient von I_{10}
B	Bandbreite
C	Kapazität
$\frac{du_q}{dt}$	Anstiegsgeschwindigkeit
f	Frequenz
f_u, f_o	Grenzfrequenz (untere bzw. obere)
f_s	Schaltfrequenz
f_{osz}	Schwungfrequenz
I	Strom
I_S	Stromaufnahme
I_I	Eingangsstrom
I_{10}	Eingangsnullstrom
I_Q	Ausgangsstrom
I_{QR}	Ausgangssperrstrom
I_{QZ}	Ausgangskurzschlußstrom
k	Klirrfaktor
k_{CMR}	Gleichtaktunterdrückung
k_{SVR}	Speisespannungsunterdrückung
P_D	Leerlaufleistungsverbrauch
P_{tot}	max. zul. Verlustleistung
R	Widerstand
R_P	Abgleichwiderstand
$R_{th SG}$	Wärmewiderstand (System-Gehäuse)
$R_{th SU}$	Wärmewiderstand (System-Umgebung)
$R_{th JG}$	Wärmewiderstand (Sperrschicht-Gehäuse)
$R_{th JU}$	Wärmewiderstand (Sperrschicht-Umgebung)
T	Temperatur
T_j	Sperrschichttemperatur
T_s	Lagertemperatur
t	Zeit
t_r	Anstiegszeit
t_f	Abfallzeit
t_d	Verzögerungszeit
t_p	Umschaltzeit
t_z	Ausgangskurzschlußdauer
U	Spannung
U_S	Speisespannung
U_Q	Ausgangsspannung
U_{Q0}	Ausgangsrestspannung
U_{10}	Eingangsnullspannung
U_{1C}	Eingangsgleichtaktbereich
U_{1D}	Differenzeingangsspannung
U_{1R}	Rauschspannung
Z_i	Eingangsimpedanz
Z_q	Ausgangsimpedanz

Diese Operationsverstärker sind gegen $+U_s$, $-U_s$ und 0 kurzschlußfest. Die Eingangsnullspannung kann sehr einfach kompensiert werden. Durch die interne Frequenzkompensation ist der externe Bauteileaufwand gering. Die Verstärkungsabsenkung um 6 dB pro Oktave ergibt eine sehr gute Stabilität.

- einfache Handhabung
- große Eingangsdifferenzspannung
- kurzschlußfest
- hohe Spannungsverstärkung
- hohe Betriebsspannung

Typ	Bestellnummer	Gehäusebauform	Farbkennzeichnung
TBA 221	Q67000–A134	5 G 8 (ähnl. TO-99)	
TBA 221 A	Q67000–A225	DIP 14	
TBA 221 B	Q67000–A281	DIP 8	
TBA 221 G	Q67000–A923 G	Miniaturgeh. 8 Anschl.	braun/braun
*TBA221 GG	Q67000–A923 G1	Miniaturgeh. 8 Anschl.	braun/braun
TBA 221 K	Q67000–A923 K	Mikropackgeh. 8 Anschl.	
TBA 221 W	Q67000–A923	Miniaturgeh. 8 Anschl.	braun/braun
TBA 222	Q67000–A97	5 G 8 (ähnl. TO-99)	
TBA 222 S1	Q67000–A97–S1	5 G 8 (ähnl. TO-99)	
*TBB 741 GG	Q67000–A1498 G1	Miniaturgeh. 8 Anschl.	braun/braun

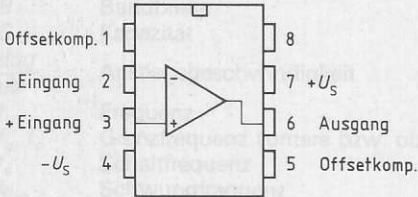
Schaltbild



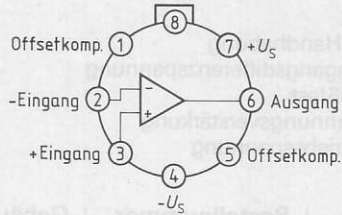
* Für Neuentwicklungen bevorzugt verwenden

Anschlußanordnungen

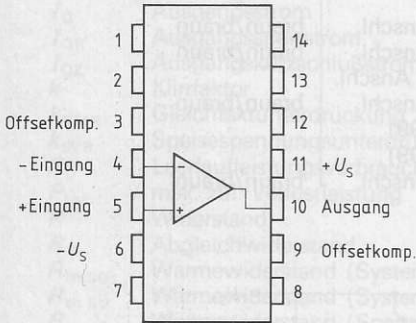
TBA 221 B



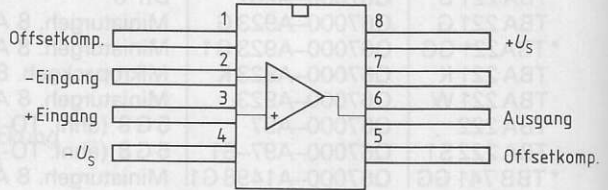
TBA 221, TBA 222, TBA 222 S1



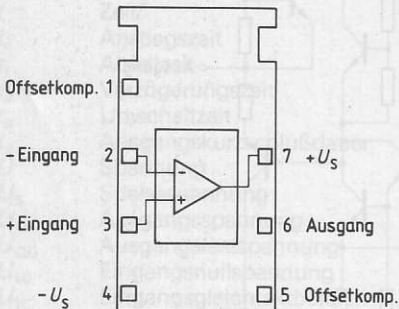
TBA 221 A



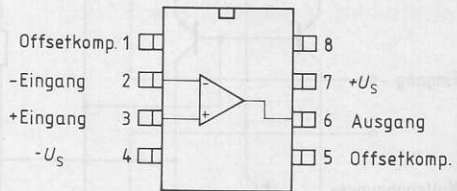
TBA 221 W; G; GG



TBA 221 K



TBB 741 GG



Grenzdaten	TBA 221 TBB 741		TBA 222	
	Speisespannung	U_S	± 18	± 22
Eingangsspannung: $U_S = \pm 4$ bis ± 15 V	U_I	$\pm U_S$	$\pm U_S$	V
$U_S \geq 15$ V	U_I	± 15	± 15	V
Differenzeingangsspannung	U_{ID}	± 30	± 30	V
Kurzschlußdauer ¹⁾	t_z	∞	∞	
Lagertemperatur	T_s	-55 bis 125	-65 bis 150	°C
Sperrschichttemperatur	T_j	150	150	°C
Wärmewiderstände				
System—Gehäuse: TBA 221/222	R_{thSG}	80	80	K/W
System—Umgebung: TBA 221/222	R_{thSU}	190	190	K/W
TBA 221 A	R_{thSU}	120		K/W
TBA 221 B	R_{thSU}	140		K/W
TBA 221; W; G; GG	R_{thSU}	200		K/W
TBB 741 GG	R_{thSU}	200		K/W
Funktionsbereich				
Speisespannung	U_S	± 4 bis ± 18	± 4 bis ± 22	V
Umgebungstemperatur	T_U	0 bis 70	-55 bis 125	°C



¹⁾ Kurzschluß kann gegen $+U_S$, $-U_S$ oder 0 erfolgen, dabei dürfen die Grenzdaten wie T_j nicht überschritten werden.

Kenndaten

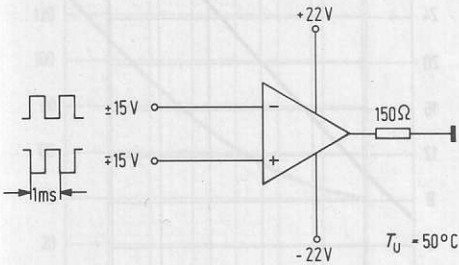
$U_S = \pm 15 \text{ V}$, $T_U = 25^\circ \text{C}$,
 wenn nicht anders angegeben

		TBA 221 TBB 741			TBA 222; S1			
		min	typ	max	min	typ	max	
Eingangsnulspannung	U_{I0}	-6		6	-4		4	mV
($R_G \leq 10 \text{ k}\Omega$, $T_U = 0$ bis 70°C)	U_{I0}	-7,5		7,5				mV
($R_G \leq 10 \text{ k}\Omega$, $T_U = -55$ bis 125°C)	U_{I0}				-5,5		5,5	mV
Einstellbereich der Eingangsnulspannung	U_{I0}	6	± 15	-6	6	± 15	-6	mV
Eingangsnulstrom	I_{I0}	-200	± 20	200	-100	± 20	100	nA
($T_U = 0$ bis 70°C)	I_{I0}	-300		300				nA
($T_U = -55$ bis 125°C)	I_{I0}				-400		400	nA
Eingangsstrom	I_I		80	500		80	350	nA
($T_U = 0$ bis 70°C)	I_I			800				nA
($T_U = -55$ bis 125°C)	I_I					0,3	1,2	μA
Stromaufnahme	I_S		1,7	2,8		1,7	2,8	mA
positiver Ausgangs- kurzschlußstrom	I_{QS+}	15	20	25	15	20	25	mA
negativer Ausgangs- kurzschlußstrom	I_{QS-}	-25	-20	-15	-25	-20	-15	mA
Eingangswiderstand	R_I	300	2000		300	2000		k Ω
Eingangskapazität	C_I		1,4			1,4		pF
Ausgangswiderstand	R_Q		75			75		Ω
Ausgangsspannung	U_{QSS}	12	± 14	-12	13	± 14	-12,5	V
($R_L \geq 10 \text{ k}\Omega$)	U_{QSS}	10	± 13	-10	11	± 13	-11	V
($R_L \geq 2 \text{ k}\Omega$)								
Eingangs-Gleichtakt- Spannungsbereich	U_{IC}	12	± 13	-12	12	± 13	-12	V
Spannungsverstärkung	A_{U0}	86	100		94	106		dB
($U_{QSS} = \pm 10 \text{ V}$, $R_L \geq 2 \text{ k}\Omega$)								
Spannungsverstärkung	A_{U0}	83,5						dB
($U_{QSS} = \pm 10 \text{ V}$, $R_L \geq 2 \text{ k}\Omega$, $T_U = 0$ bis 70°C)								
Spannungsverstärkung	A_{U0}				88			dB
($U_{QSS} = \pm 10 \text{ V}$, $R_L \geq 2 \text{ k}\Omega$, $T_U = -55$ bis 125°C)								
Gleichtaktunterdrückung	k_{CMR}	70	90		80	90		dB
($R_G \leq 10 \text{ k}\Omega$)								
Betriebsspannungs- unterdrückung	k_{SVR}		30	150		30	100	$\mu\text{V/V}$
Einschwingverhalten der Ausgangsspannung bei $A_U = 1$:								
Anstiegszeit ($U_i = 20 \text{ mV}$, $R_L = 2 \text{ k}\Omega$, $C_L = < 100 \text{ pF}$)	t_r		0,3			0,3		μs
Überschwingen			5			5		%
Anstiegsgeschwindigkeit	$\frac{du_q}{dtr}$		0,5			0,5		V/ μs
($R_L \geq 2 \text{ k}\Omega$)								
Temperaturkoeffizient der U_{I0}	α_{U10}					3		$\mu\text{V/K}$
Temperaturkoeffizient des I_{I0}	α_{I10}					0,4		nA/K

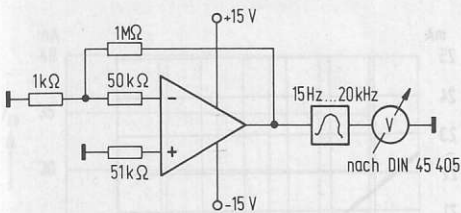
TBA 222 S1 ähnlich dem TBA 222 jedoch mit besonderen Qualitätsmerkmalen.

1. 72 Stunden elektrisch vorgealtert bei $T_U = 50^\circ\text{C}$, $U_S \pm 22\text{ V}$ entsprechend der angegebenen Schaltung
2. Rauschen $< 5\ \mu\text{Vs}$ entsprechend der angegebenen Schaltung und DIN 45405
3. AQL-Wert für kritische elektrische Fehler 0,25

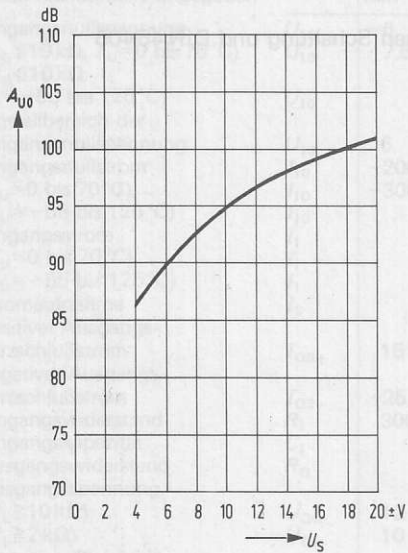
Schaltung, Voralterung für TBA 222 S1



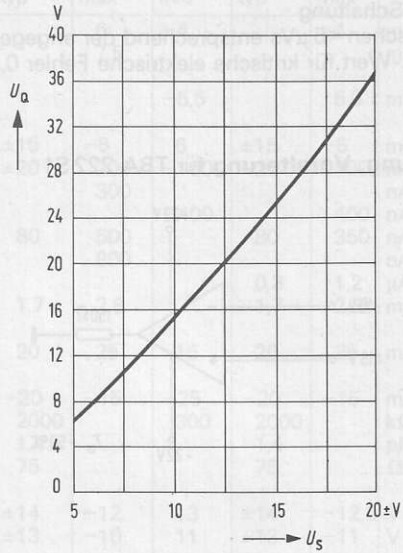
Messung der Rauschspannung für TBA 222 S1



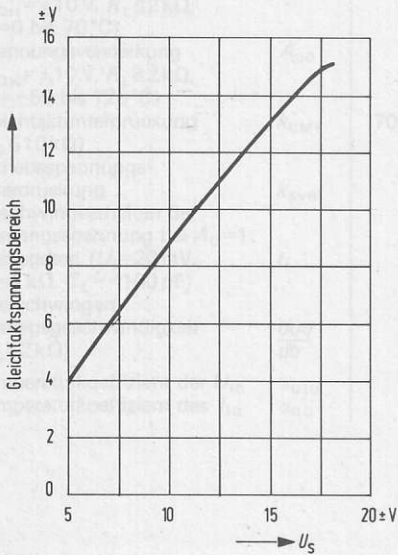
Leerlaufspannungsverstärkung
 $A_{U0} = f(U_S)$



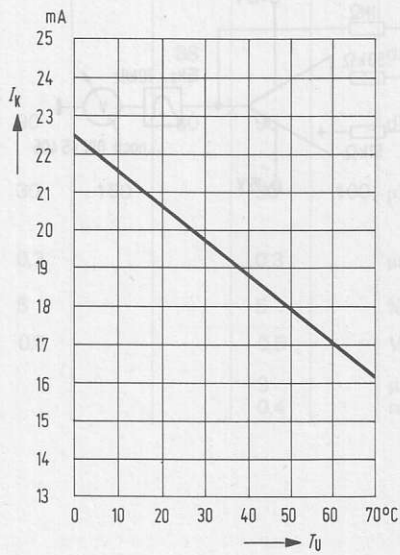
Ausgangsspannung $U_a = f(U_S)$
 $R_L \geq 2 \text{ k}\Omega$



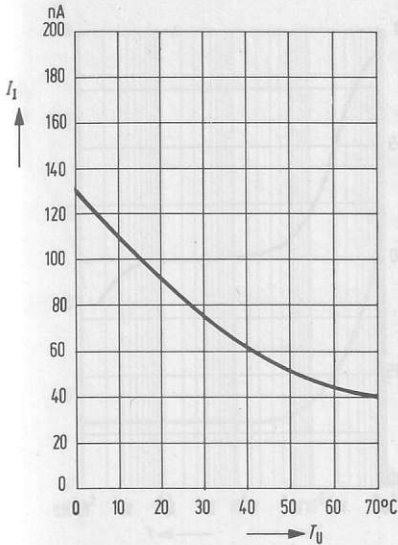
Gleichtaktspannungsbereich = $f(U_S)$
 $R_L = 2 \text{ k}\Omega$



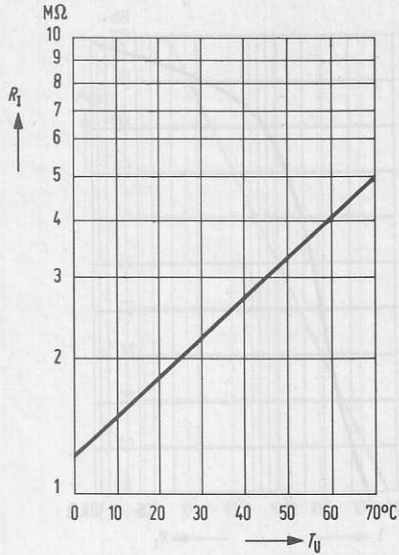
Kurzschlußstrom $I_K = f(T_U)$



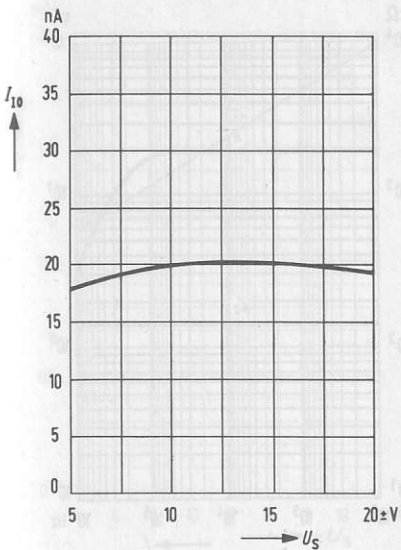
Eingangsstrom $I_1 = f(T_U)$
 $U_S = \pm 15V$



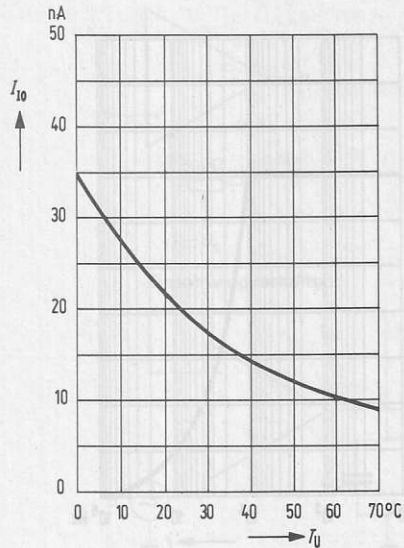
Eingangswiderstand $R_1 = f(T_U)$
 $U_S = \pm 15V$



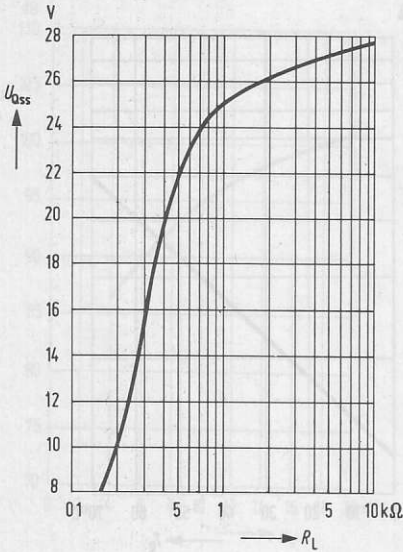
Eingangsnullstrom $I_{10} = f(U_S)$



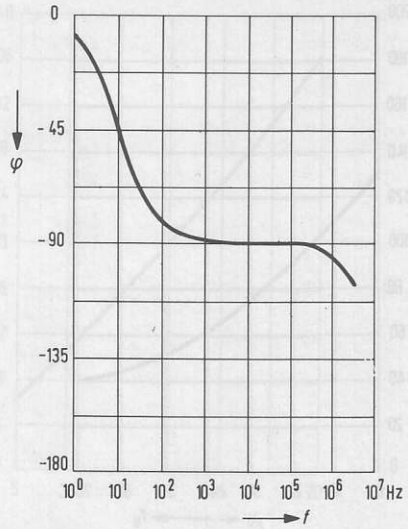
Eingangsnullstrom $I_{10} = f(T_U)$
 $U_S = \pm 15V$



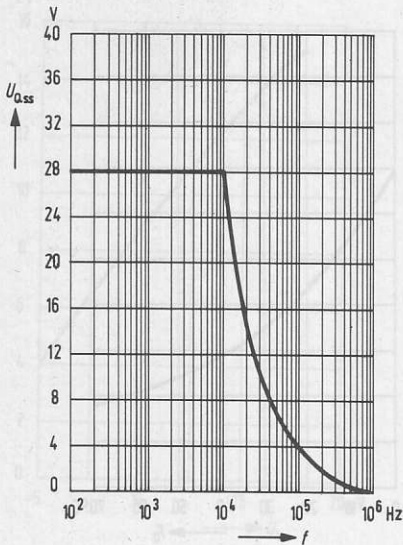
Ausgangsspannung $U_{Q_{SS}} = f(R_L)$
 $U_S = \pm 15\text{ V}$



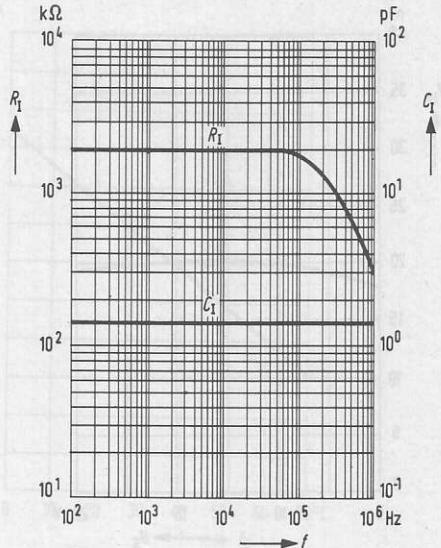
Phasengang der Leerlaufverstärkung $\varphi = f(f); U_S = \pm 15\text{ V}$



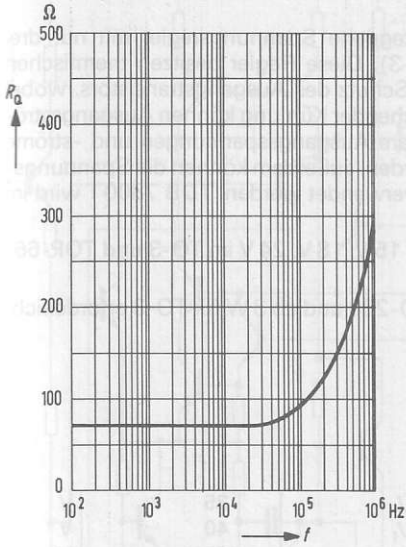
Ausgangsspannung $U_{Q_{SS}} = f(f)$
 $U_S = \pm 15\text{ V}; R_L = 10\text{ k}\Omega$



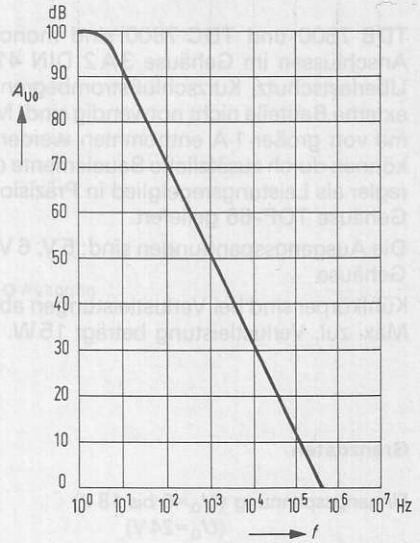
Eingangswiderstand $R_I = f(f)$
Eingangskapazität $C_I = f(f)$



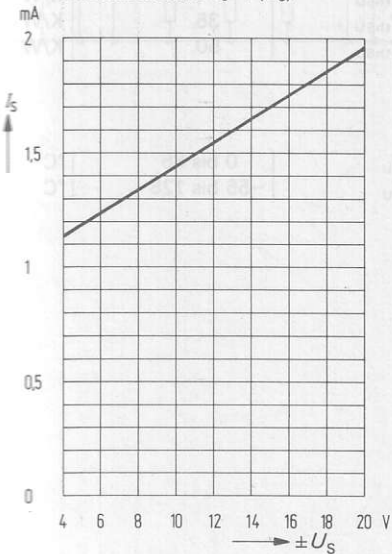
Ausgangswiderstand $R_o = f(f)$



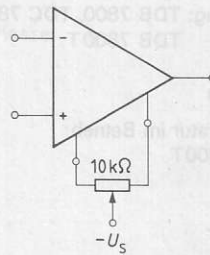
Leerlaufspannungsverstärkung
 $A_{U0} = f(f)$



Stromaufnahme $I_s = f(U_S)$



Nullspannungsabgleich:



Einschwingverhalten:

