

BIFET-Operationsverstärker B 060, B 061, B 062, B 064, B 066

Dipl.-Ing. SIEGFRIED KOWALEWSKI und
Dipl.-Ing. LUTZ P. RICHTER

Mitteilung aus dem VEB Halbleiterwerk Frankfurt (Oder)

Anwendung

Die Schaltkreise B 060, B 061, B 062, B 064, B 066 sind integrierte Operationsverstärker in bipolarer Technik mit Sperrschichtfeldeffekttransistoren in der Eingangsstufe. Sie stellen im wesentlichen eine Low-Power-Version der bereits bekannten 80er Reihe dar. Der B 066 ist ferner eine über einen externen Widerstand in ihrer Leistungsaufnahme steuerbare Version des B 061, er erreicht maximal den Wert des B 061.

Die 60er Reihe – außer dem B 066, der einen zusätzlichen Anschluß zur Leistungsaufnahmesteuerung aufweist – ist zur 80er Reihe voll pin-kompatibel. Der hohe Eingangswiderstand, geringste Leistungsaufnahme, Latch-up-Freiheit, großer Bereich für die Differenz- und Gleichtakteingangsspannung und Kurzschlußsicherheit (bei Einhaltung der maximalen Verlustleistung) ermöglichen einen universellen Einsatz der Schaltkreise, besonders für Geräte mit Batteriebetrieb.

Gehäuse

- achtpoliges DIL-Plastgehäuse der Bauform 21.1.1.2.8 nach TGL 26 713 für B 060, B 061, B 062, B 066 (Bild 1)
- 14poliges DIL-Plastgehäuse der Bauform 21.2.1.2.14 nach TGL 26 713 für B 064 (Bild 2)

Anschlußbelegung: siehe Bilder 3 und 4

Masse $\leq 1,5$ g

Funktionsbeschreibung

Die BIFET-Operationsverstärker sind lineare Schaltungen mit weitestgehend bipolarem Aufbau, die in den Eingangsstufen und im Stromversorgungsteil p-Kanal-Sperrschichtfeldeffekttransistoren (SFETs) aufweisen. Durch die Verwen-

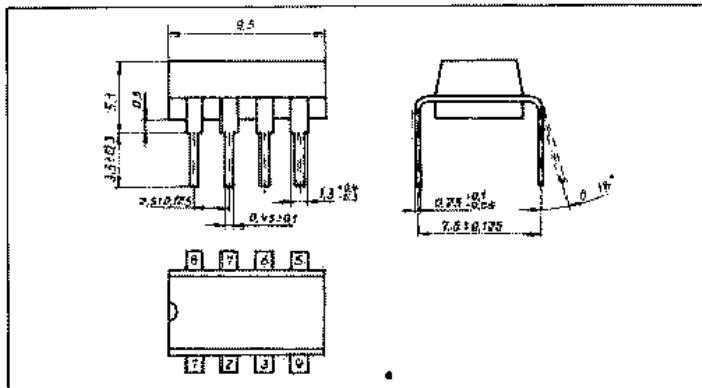


Bild 1: Abmessungen der Typen B 060, B 061, B 062, B 066

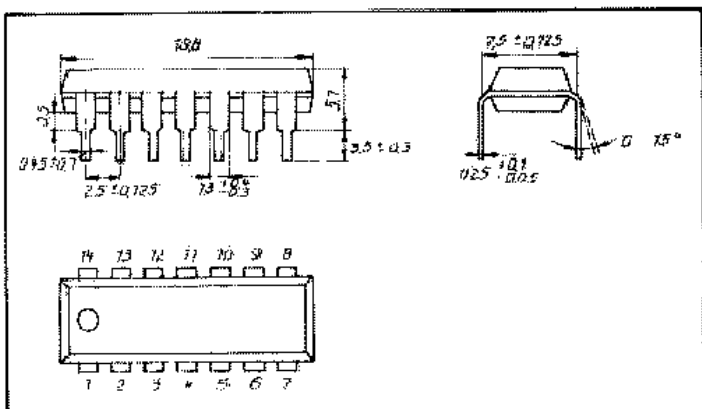


Bild 2: Abmessungen des Typs B 064

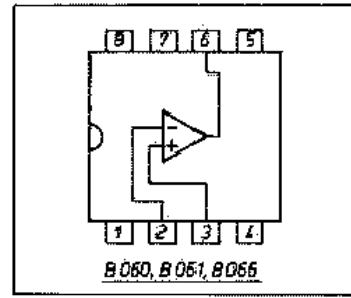


Bild 3: Anschlußbelegung B 060, B 061, B 066

- 1,5 Offsetabgleichanschlüsse
- 2 invertierender Eingang
- 3 nichtinvertierender Eingang
- 6 Ausgang
- 4 negative Betriebsspannung
- 7 positive Betriebsspannung
- 8 bei B 060 – Frequenzkompensation
- bei B 061 – nicht belegt
- bei B 066 – Leistungsaufnahmesteuerung

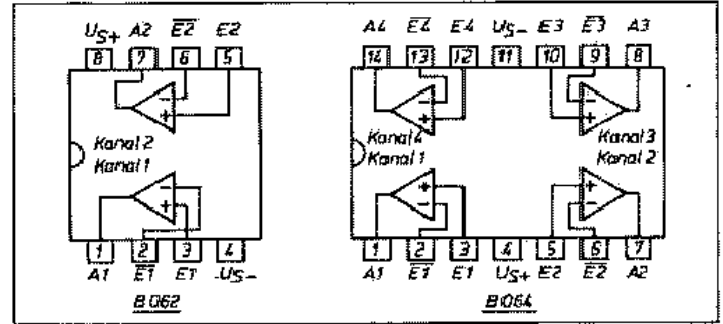


Bild 4: Anschlußbelegungen

B 062

- 1 Ausgang 1. Kanal
- 2 invertierender Eingang, 1. Kanal
- 3 nichtinvertierender Eingang, 1. Kanal
- 4 negative Betriebsspannung
- 5 nichtinvertierender Eingang, 2. Kanal
- 6 invertierender Eingang, 2. Kanal
- 7 Ausgang 2. Kanal
- 8 positive Betriebsspannung

B 064

- 1 Ausgang 1. Kanal
- 2 invertierender Eingang, 1. Kanal
- 3 nichtinvertierender Eingang, 1. Kanal
- 4 positive Betriebsspannung
- 5 nichtinvertierender Eingang, 2. Kanal
- 6 invertierender Eingang, 2. Kanal
- 7 Ausgang 2. Kanal
- 8 Ausgang 3. Kanal
- 9 invertierender Eingang, 3. Kanal
- 10 nichtinvertierender Eingang, 3. Kanal
- 11 negative Betriebsspannung
- 12 nichtinvertierender Eingang, 4. Kanal
- 13 invertierender Eingang, 4. Kanal
- 14 Ausgang 4. Kanal

Dynamische Kennwerte, gültig für $U_{CC} = \pm 15$ V,
 $T_a = 25^\circ\text{C} - 5$ K

Kenngröße	Meßbedingungen	min.	typ.	max.
Slew-Rate SR in $\text{V}/\mu\text{s}$	$U_i = 10$ V siehe Bild 5		2,5	
Anstiegszeit t in μs	$U_i = 20$ mV siehe Bild 5		0,2	
Überschwingfaktor $\ln \psi_n$	$U_i = 20$ mV siehe Bild 5		20	
äquivalente Rausch- eingangsspannung U_{in} in $\text{mV}/\sqrt{\text{Hz}}$	$R_{if} = 100 \Omega$ $f = 1$ kHz		45	
Bandbreite f_b in MHz	$f = 1$ kHz		1,0	

nung von SFETs in den Eingangsstufen, deren Gate- und Kanalgebiet ionenimplantiert wird, erreichen diese Operationsverstärker geringe Eingangsbias- und Offsetströme. Der dynamische Eingangswiderstand liegt bei $10^{12} \Omega$. Ein weiterer Vorteil ist die interne Frequenzkompensation, die die notwendige Außenbeschaltung auf ein Minimum reduziert. Innerhalb der Reihe gibt es Einfach- (B 061), Doppel- (B 062) und Vierfachoperationsverstärker (B 064).

Hinzu kommen Sondertypen:

- B 060: externe Frequenzkompensation zur Verbesserung dynamischer Kenngrößen
- B 066: Version des Einfachoperationsverstärkers (B 061) mit der Möglichkeit der externen Steuerung der Leistungsaufnahme.

Zusätzlich werden zu jedem genannten Typ zwei elektrische Ausmeßtypen sowie ein Typ für den erweiterten Temperaturbereich ($-25...+85\text{ }^{\circ}\text{C}$) angeboten:

- Grundtyp – für Standardanwendungen
- m-Typ – für höhere Anforderungen
- p-Typ – für höchste Anforderungen
- t-Typ – für den erweiterten Temperaturbereich.

Bei mehrkanaligen Operationsverstärkern weist jeder Kanal den gleichen Schaltungsaufbau auf (siehe Bild 11). Die Referenzstromquelle für den Stromversorgungsteil, bestehend aus V_{14} , V_{15} , R_9 , V_{16} , V_{17} , V_{18} und V_{19} , liefert den Referenzstrom für zwei Kanäle. Beim B 064 ist also diese Anordnung zweimal vorhanden. Das gleiche gilt auch für den Referenztransistor V_{24} und den Transistor V_{20} , der zur Entlastung des Referenzzweiges dient. Bei der Referenzstromquelle handelt es sich um eine höchststabile Anordnung, einschließlich der

Statische Kennwerte, gültig für $U_{CC} = \pm 15\text{ V}$ ¹⁾

Kenngröße	Meßbedingungen	B06 – Dt		B06 – D	
		min.	typ.	max.	typ.
Stromaufnahme I_{CC} in μA (je Kanal)	siehe Bild 6 $\vartheta_a = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$	200	250	200	250
Eingangsoffsetspannung U_{F0} in mV	$R_G = 10\text{ k}\Omega$ $\vartheta_a = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$	4,5	6	7,5	15
	Arbeits-temperaturbereich		9		20
					7,5
					5
Temperaturkoeffizient der Eingangsoffsetspannung T_{COU} in $\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$	$R_G = 10\text{ k}\Omega$ Arbeits-temperaturbereich	10 20 ²⁾		10 20 ²⁾	
Eingangsoffsetstrom I_{IO} in pA	$\vartheta_a = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$	10	100	10	200
	Arbeits-temperaturbereich		10		5
					3
					3
Eingangs-biasstrom I_{IB} in pA	$\vartheta_a = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$	30	200	30	400
	Arbeits-temperaturbereich		20		10
					7
					7
offene Spannungsverstärkung A_{Uoff} in V/mV	$R_L = 10\text{ k}\Omega$ $U_D = \pm 10\text{ V}$ $\vartheta_a = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$	4	9	3	9
	$R_L = 10\text{ k}\Omega$ $U_D = \pm 10\text{ V}$ Arbeits-temperaturbereich	4		3	4
					4
Eingangs-widerstand r_i in Ω	$\vartheta_a = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$	10^{12}		10^{12}	
Gleichtaktunterdrückung CMR in dB	$R_G = 10\text{ k}\Omega$ $U_{IB} = \pm 10\text{ V}$ $\vartheta_a = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$	80	95	70	90
					80
					95
Betriebs-spannungsunterdrückung SVR in dB	$R_G = 10\text{ k}\Omega$ $\vartheta_a = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ $\Delta U_{CC} = 20\text{ V}$ $U_{CC} = \pm 8\text{ V}$ $U_{CC} = \pm 18\text{ V}$	80	95	70	90
					80
					95
Ausgangs-spannungshub U_{Oss} in V	$R_L = 10\text{ k}\Omega$ $\vartheta_a = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$	20	27	20	27
Eingangs-spannungsbereich ³⁾ U_i in V	$\vartheta_a = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$	$\pm 11,5$		$\pm 11,5$	

¹⁾ Die statischen Kennwerte werden im Impulsbetrieb gemessen, um das Bauelement so gering wie möglich zu erwärmen.

²⁾ nur B066

³⁾ Der Eingangsspannungsbereich ist eng mit der Betriebsspannung verknüpft. Die Eingangsspannung muß 2,5 V über $-U_{CC}$ bzw. 2,5 V unter $+U_{CC}$ liegen, um eine ordnungsgemäße Funktion zu gewährleisten.

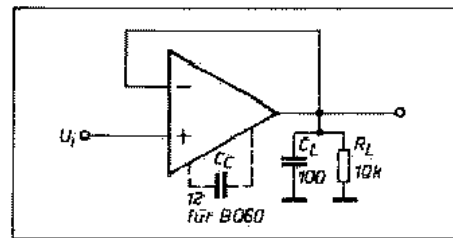


Bild 5: Spannungsfolger

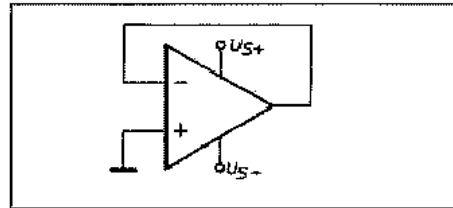


Bild 6: Messung der Stromaufnahme

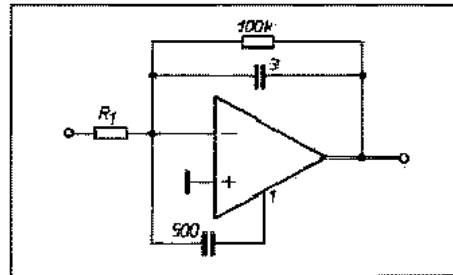


Bild 7: Vorwärtskompensation

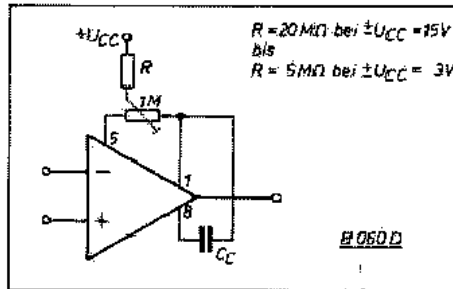


Bild 8: Schaltung zur Kompensation der Eingangsoffsetspannung (B 060)

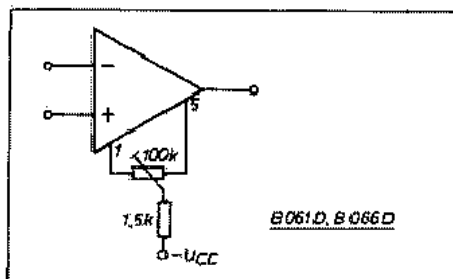


Bild 9: Schaltung zur Kompensation der Eingangsoffsetspannung (B 061 und B 066)

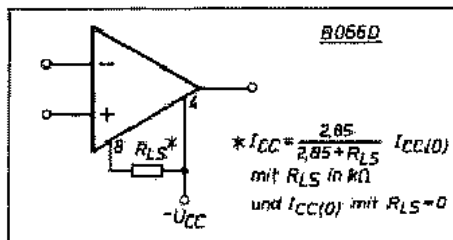


Bild 10: Leistungsaufnahmesteuerung (B 066 D)

Temperatur, die über den gesamten Betriebsspannungsbereich des Operationsverstärkers der Strombank, bestehend aus V_1 , V_9 und dem Referenztransistor V_{15} , einen konstanten Referenzstrom liefert. Die Transistoren V_1 und V_9 versorgen mit ihren Quellströmen die Vor- und Treiberstufe. Beim B 066 ist die Möglichkeit über Pin 8 vorhanden, diese Arbeitsströme über einen externen Widerstand gegen $-U_{CC}$ zu beeinflussen.

Liegt Pin 8 auf $-U_{CC}$, so entsprechen die Arbeitsströme und damit auch die Stromaufnahme des Operationsverstärkers denen des B 061. Die Eingangsstufe enthält den p-Kanal-SFET-Differenzverstärker (V_2 , V_3) und aktive Stromspiegellast (V_6 , V_7), die die Umformung des Differenzsignals in ein Eintaktsignal erleichtern. Die Ausgangsstufe (V_{12} , V_{14}) wird durch eine Vorspannungsschaltung (V_{10} , V_{11}) im AB-

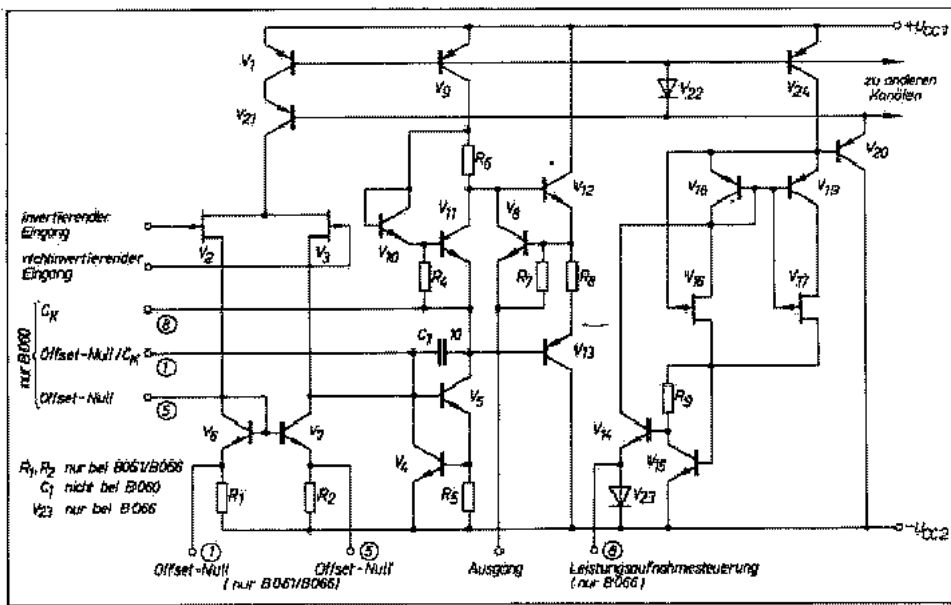


Bild 11: Schaltung eines Kanals

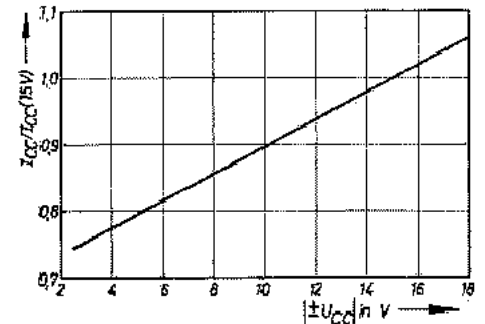


Bild 13: Stromaufnahme in Abhängigkeit von der Betriebsspannung

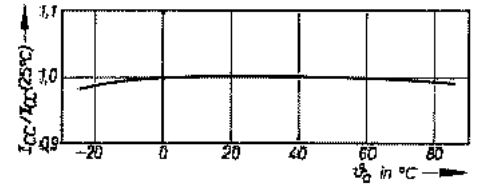


Bild 14: Stromaufnahme in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur

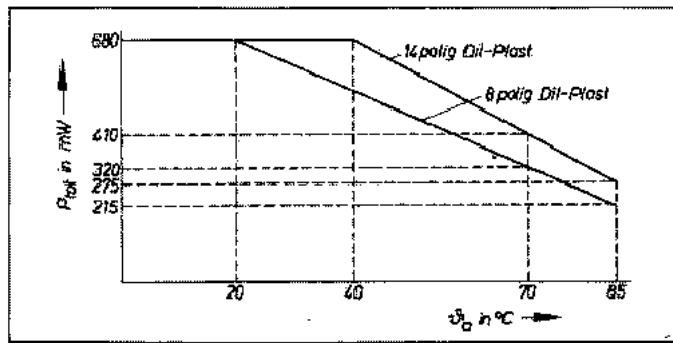


Bild 12: Verlustleistungsreduktionskurve

Grenzwerte

Kenngröße	min.	max.
Betriebsspannung $\pm U_{CC(1)}$ in V	0	18
Differenzeingangsspannung*) $U_{I(1)}$ in V	-30	30
Gleichtakteingangsspannung U_{IC} in V	-15	+15
Umgebungstemperatur θ_a in °C		
D, Dm, Dp	-10	70
Dt	-25	85

*) für $|U_{I(1)}| \leq \pm U_{CC(1)}$

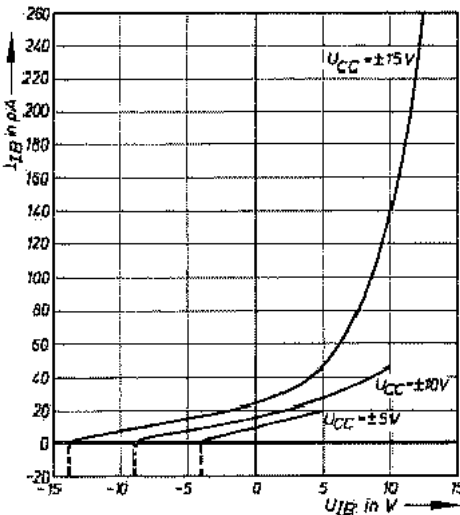


Bild 15: Eingangsbiasstrom in Abhängigkeit von der Gleichakteingangsspannung

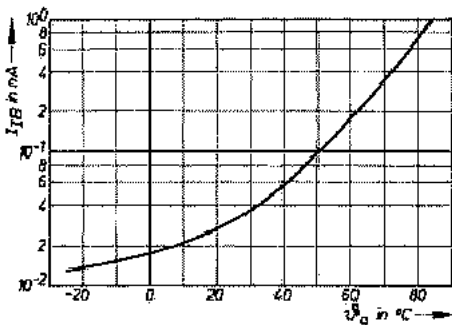


Bild 16: Eingangsbiasstrom in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur

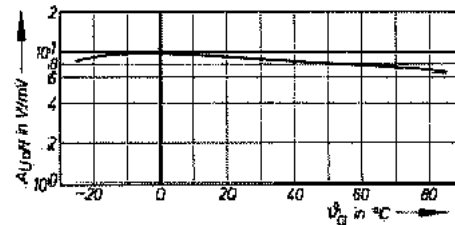


Bild 17: Spannungsverstärkung in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur

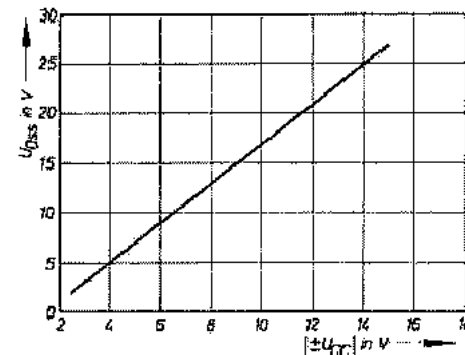


Bild 18: Ausgangsspannungshub in Abhängigkeit von der Betriebsspannung bei $R_L = 10\text{ k}\Omega$

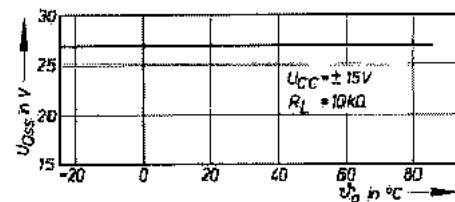


Bild 19: Ausgangsspannungshub in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur

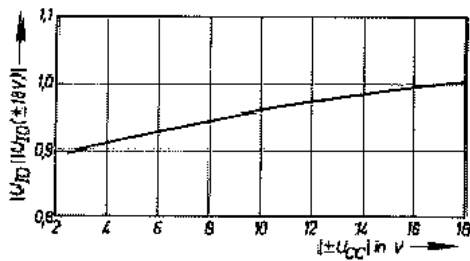


Bild 20: Eingangs-Offsetspannung in Abhängigkeit von der Betriebsspannung

Bild 21: Ausgangsspannungshub in Abhängigkeit von der Frequenz

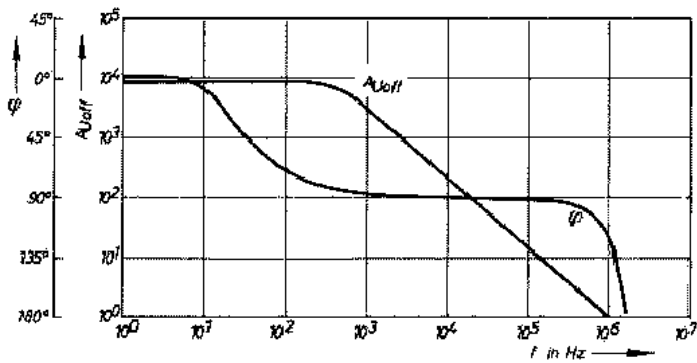
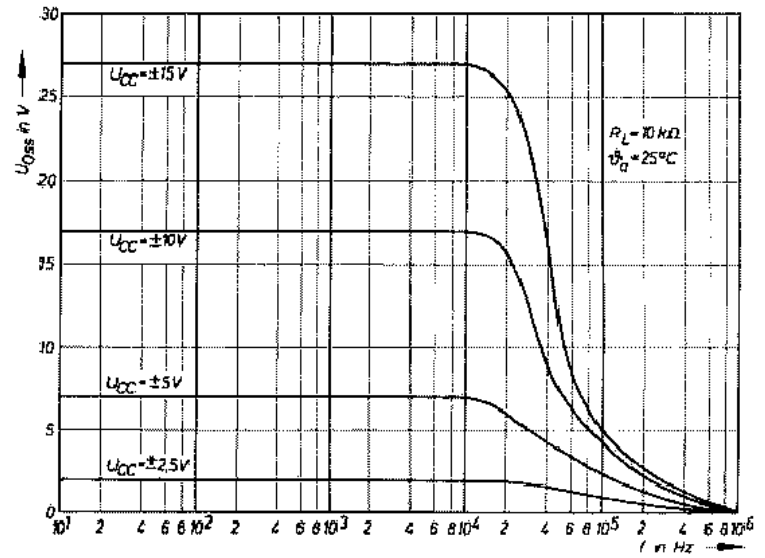


Bild 22: Spannungsverstärkung und Phasenverschiebung in Abhängigkeit von der Frequenz

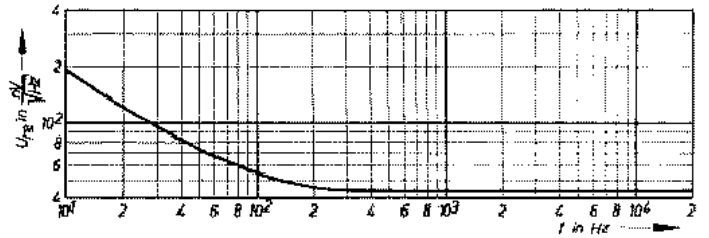


Bild 23: Äquivalente Rauschspannung in Abhängigkeit von der Frequenz

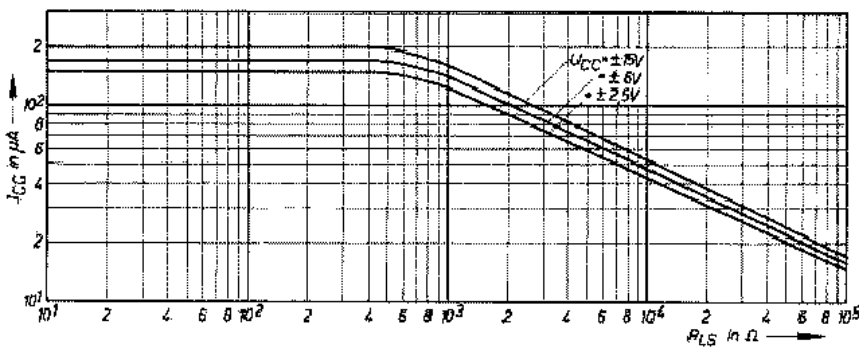


Bild 24: Stromaufnahme in Abhängigkeit vom Widerstand zur Leistungsaufnahmesteuerung

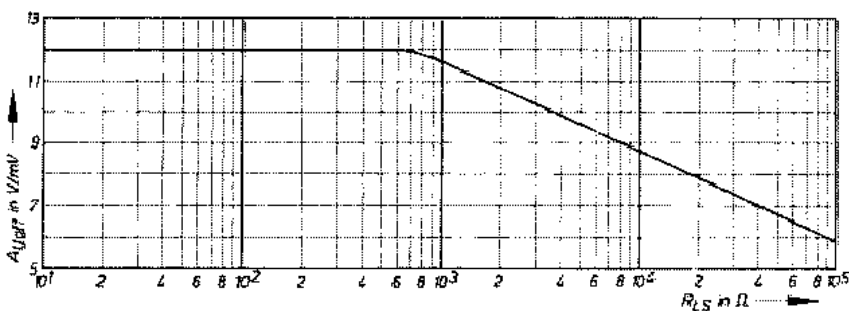


Bild 25: Spannungsverstärkung in Abhängigkeit vom Widerstand zur Leistungsaufnahmesteuerung

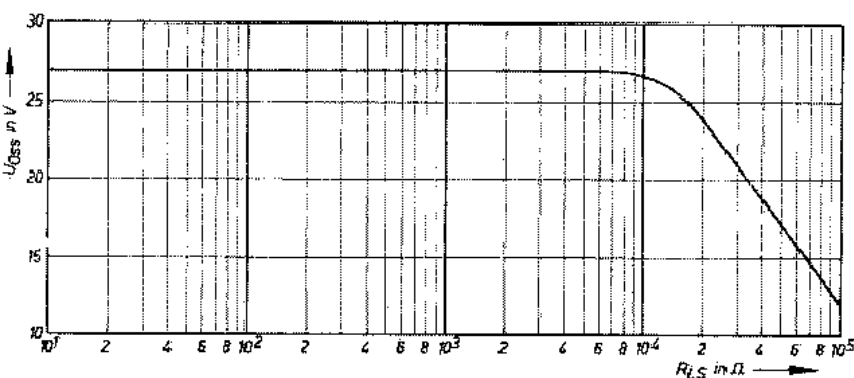


Bild 26: Ausgangsspannungshub in Abhängigkeit vom Widerstand zur Leistungsaufnahmesteuerung, $R_L = 10 \text{ k}\Omega$, $U_{CC} = \pm 15 \text{ V}$

Modus angesteuert. Bei positiver Aussteuerung wird der Ausgangsstrom durch V_6 , R_7 , bei negativer dagegen durch V_4 , R_5 begrenzt.

Eine Vergrößerung des Frequenzbereiches für die verstärkungsabhängige maximale Ausgangsspannung ist beim B060 im invertierenden Betrieb durch Vorwärtskompensation sinnvoll bis zu Verstärkungen von 40 dB des gegengekoppelten Operationsverstärkers möglich. Außer einem Kondensator von Pin 1 nach Pin 2 von 500 pF erfordert die Vorwärtskompensation im Gegenkopplungszweig parallel zu einem Widerstand von 100 kΩ einen auf minimales Überschwingen abgeglichenen Kondensatorrichtwert 3 pF (siehe Bild 7).

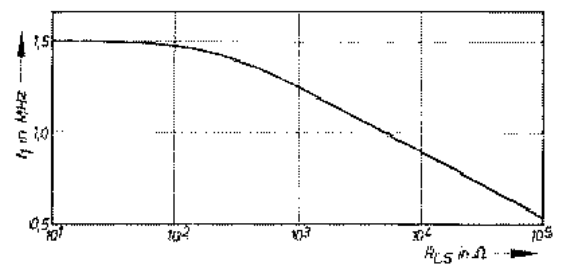


Bild 27: Bandbreite in Abhängigkeit vom Widerstand zur Leistungsaufnahmesteuerung

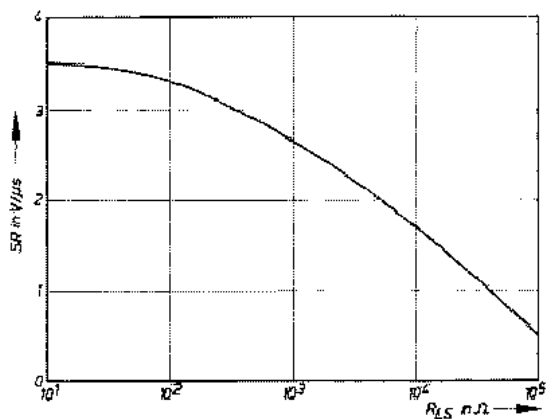


Bild 28: Slew-Rate in Abhängigkeit vom Widerstand zur Leistungsaufnahmesteuerung