

Über die einfachsten integrierten Schaltkreise (IS) *MAA 115*, *MAA 125* und *MAA 145* sowie den IS *MAA 225* von TESLA wurde bereits in [1] berichtet. Nachfolgend wird das Fertigungsprogramm der Firma TESLA (ČSSR) an integrierten Schaltkreisen vorgestellt. Ausführliche Datenangaben findet der Leser in [2] und in [5].

### 3stufiger Verstärker *MAA 225/MAA 245*

Dieser integrierte Schaltkreis unterscheidet sich von den in [1] vorgestellten IS dadurch, daß die Emittierelektroden getrennt herausgeführt sind (Bild 1). Somit kann durch eine entsprechende Emitterbeschaltung der Verstärker besser dem Anwendungszweck angepaßt werden. Beide IS können im NF-Bereich und als AM-ZF-Verstärker eingesetzt werden. Die NF-Spannungsverstärkung liegt beim *MAA 225* bei 78... 84 dB und beim *MAA 245* bei 80... 90 dB, wobei für den ersteren eine maximale Betriebsspannung von 7 V und für letzteren eine von 12 V zulässig ist. Im HF-Bereich (1 MHz) erreichen beide eine Spannungsverstärkung von 60... 70 dB. Für die beiden ersten Transistoren ist ein Strom von 5 mA zulässig, für T 3 maximal 40 mA. Die Verlustleistung des IS ist 300 mW. Als Gehäuse wird der Typ *T0-5* verwendet.

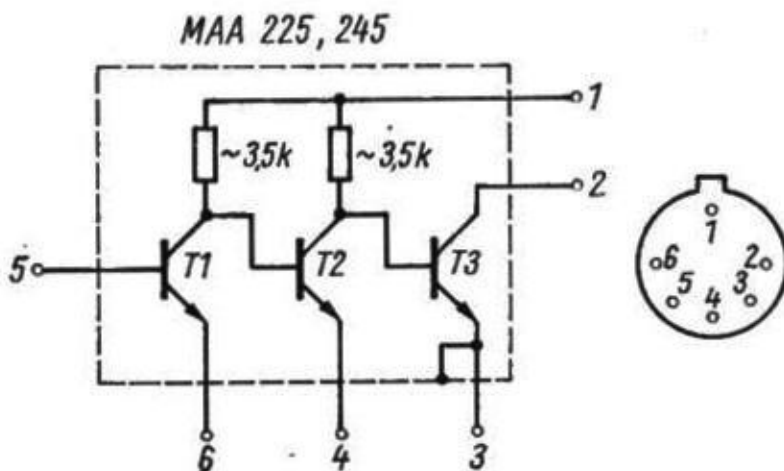


Bild 1 Integrierte Verstärker-Schaltkreise *MAA 225* und *MAA 245* von TESLA

### 3stufiger Verstärker MAA 325/MAA 345

Durch getrennte Herausführung der Kollektorelektrode von T 1 und der Basiselektrode von T 2 sowie eine höhere Transitfrequenz können diese IS vielseitig als Verstärker bis etwa 30 MHz eingesetzt werden (Bild 2). Für NF ist die Spannungsverstärkung  $> 70$  dB, bei HF (1 MHz)  $> 60$  dB. Beide IS unterscheiden sich durch die maximale Betriebsspannung, MAA 325: 7 V und MAA 345: 12 V. Für den Transistor T 1 wird eine Stromverstärkung von  $> 30$  angegeben. Die maximalen Ströme sind für T 1 etwa 20 mA, für T 2 etwa 5 mA und für T 3 etwa 40 mA. Die Verlustleistung ist wieder 300 mW, als Gehäuse dient eine TO-5-Ausführung.

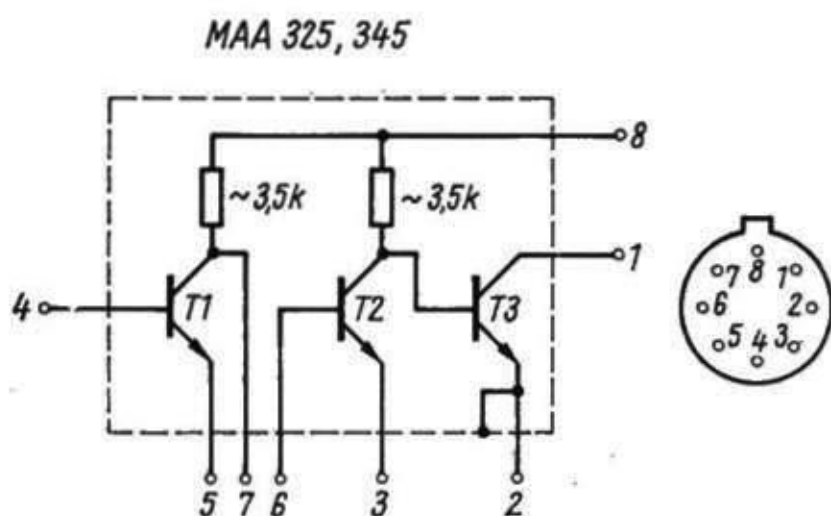


Bild 2 Integrierte Verstärker-Schaltkreise MAA 325 und MAA 345 von TESLA

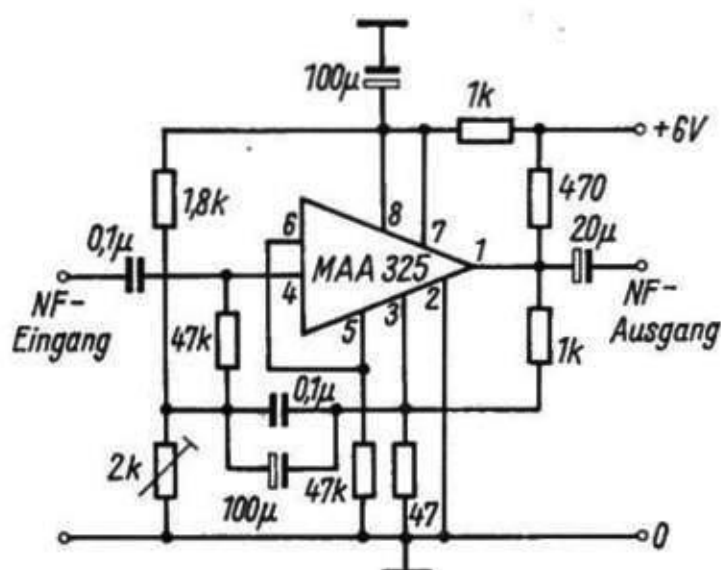


Bild 3 NF-Vorverstärker mit hochohmigen Eingang mit dem IS MAA 325 von TESLA

Bild 3 zeigt die Anwendung des IS *MAA 325* als NF-Vorverstärker mit hochohmigem Eingang, also geeignet für Kristalltonabnehmer. Die erste Transistorstufe arbeitet in Kollektorbasischaltung, wobei zur Erhöhung des Eingangswiderstandes die *Bootstrap*-Schaltung angewendet wird. Der Übertragungsbereich ist 10 Hz bis 8 MHz, wobei der Eingangswiderstand im NF-Bereich bis 50 kHz etwa 840 k $\Omega$  ist, dieser aber bei 8 MHz bis auf etwa 2,5 k $\Omega$  zurückgeht. Die Verstärkung beträgt 26 dB, die maximale Eingangsspannung ist 70 mV, die maximale Ausgangsspannung 1,3 V. Bei einer Betriebsspannung von 6 V nimmt die Schaltung einen Strom auf von 16 mA.

### 3stufiger Schaltkreis *MAA 435*

Bei diesem Schaltkreis handelt es sich um eine sogenannte Transistor-konfiguration, da keine passiven Bauelemente integriert sind (Bild 4). Während die ersten beiden Transistoren direkt verbunden sind, sind die Elektroden des 3. Transistors getrennt herausgeführt. Mittels der äußeren Beschaltung ergeben sich für diesen IS vielfältige Anwendungsmöglichkeiten. Die Stromverstärkungen aller 3 Transistoren sind  $> 40$ . Für die maximalen Ströme gelten die Werte  $I_5 = 20$  mA,  $I_3 = 20$  mA,  $I_2 = 40$  mA, für die maximalen Spannungen  $U_{6/5} = 7$  V,  $U_{7/3} = 7$  V und  $U_{8/2} = 9$  V. Die Verlustleistung beträgt insgesamt 300 mW. Das Gehäuse ist vom Typ *TO-5*.

Durch die hohe Transitfrequenz ist der IS *MAA 435* bis in den HF-Bereich anwendbar. Bild 5 zeigt den Einsatz des IS *MAA 435* als Vorverstärker und Treiberstufe für einen eisenlosen 3-W-NF-Verstärker. Zwischen Vorverstärker und Treiberstufe ist das Lautstärke-Potentiometer 22 k $\Omega$  angeordnet. Wird ein Lautsprecher mit  $R_L = 5$   $\Omega$  verwendet, dann ist bei einer Betriebsspannung von 15 V die maximale Ausgangsleistung 2,3 W. Bei einem Eingangswiderstand von etwa 6 k $\Omega$  ist dafür eine Eingangsspannung von etwa 3 mV erforderlich. Der Ruhestrom der

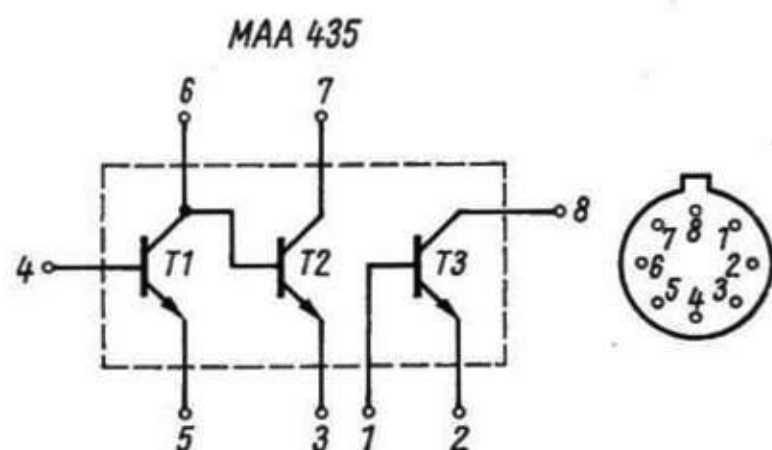
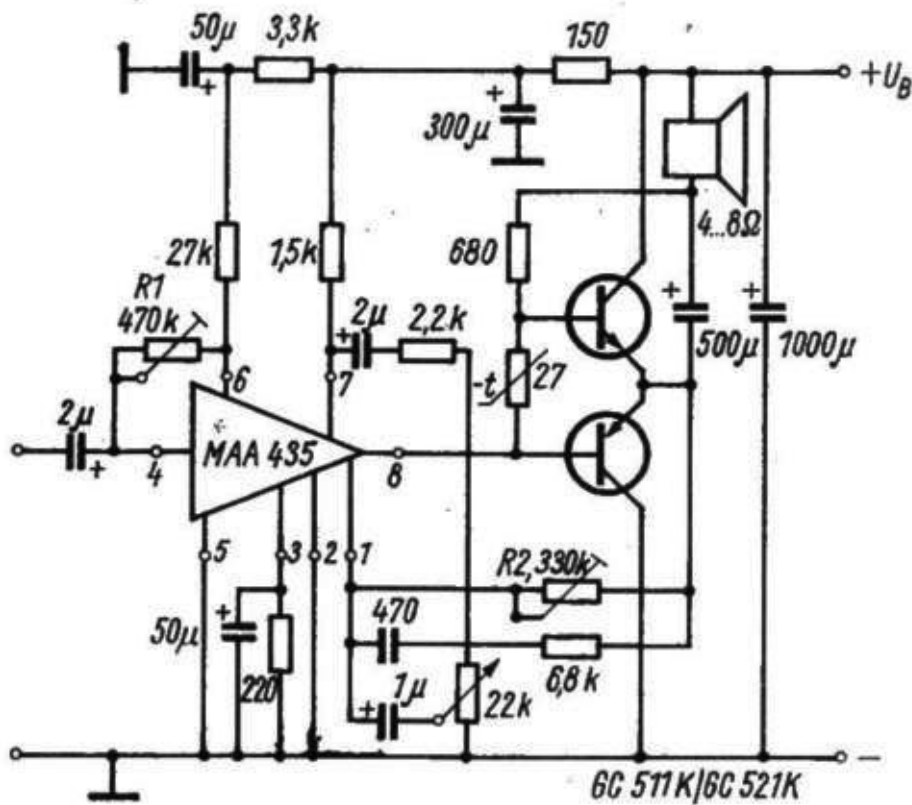


Bild 4 Integrierter Verstärker-Schaltkreis *MAA 435* von *TESLA*

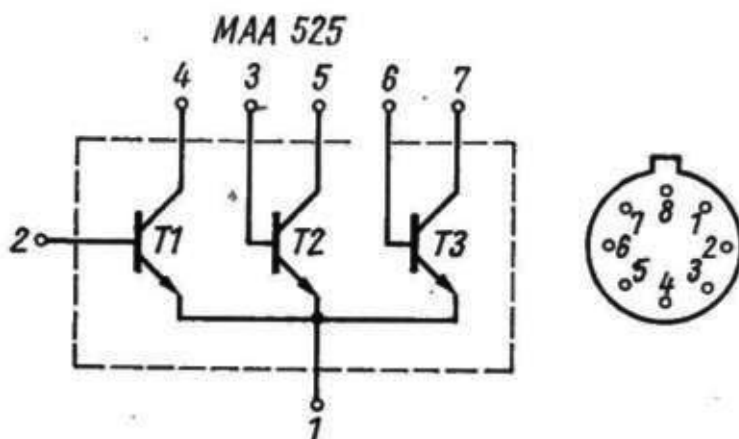


**Bild 5** Anwendung des IS MAA 435 von TESLA in den Vorstufen eines eisenlosen 3-W-NF-Verstärkers

Schaltung liegt bei 30 mA, bei Vollaussteuerung fließen etwa 440 mA. Der Übertragungsbereich des Verstärkers umfaßt 80 Hz bis 12 kHz. Zur Bestückung der eisenlosen Endstufe ist ein komplementäres Transistorpaar erforderlich.

### 3stufiger Schaltkreis MAA 525

Auch dieser integrierte Schaltkreis ist eine Transistorkonfiguration (Bild 6), bei dem alle Elektroden (bis auf die Emitter) getrennt herausgeführt sind. Für die Stromverstärkung des einzelnen Transistors wird der Wert  $> 20$



**Bild 6** Integrierter Verstärker-Schaltkreis MAA 525 von TESLA

angegeben. Die maximale Betriebsspannung ist 7 V, für die Ströme gilt  $I_{C1} = 10 \text{ mA}$ ,  $I_{C2} = 20 \text{ mA}$  und  $I_{C3} = 40 \text{ mA}$ . Die Gesamtverlustleistung ist 300 mW. Das Gehäuse ist vom Typ *TO-5*. Die Anwendung dieses IS erstreckt sich bis in den HF-Bereich, der Stromverstärkungsfaktor 1 wird bei einer Frequenz von etwa 100 MHz erreicht.

### Doppel-Schaltkreis *MBA 225/MBA 245*

Bei diesem Schaltkreis sind auf einem Chip zwei 3stufige integrierte Verstärker vom Typ *MAA 125/MAA 145* untergebracht (Bild 7). Damit ist dieser IS besonders für die Anwendung in der Stereotechnik geeignet. Die Spannungsverstärkung ist im NF-Bereich  $> 60 \text{ dB}$ , bei 1 MHz  $> 50 \text{ dB}$ . Bei einer Gesamtverlustleistung von 300 mW ist der maximale Strom 50 mA. Für den *MBA 225* ist die maximale Betriebsspannung 7 V, für den *MBA 245* ist sie 12 V.

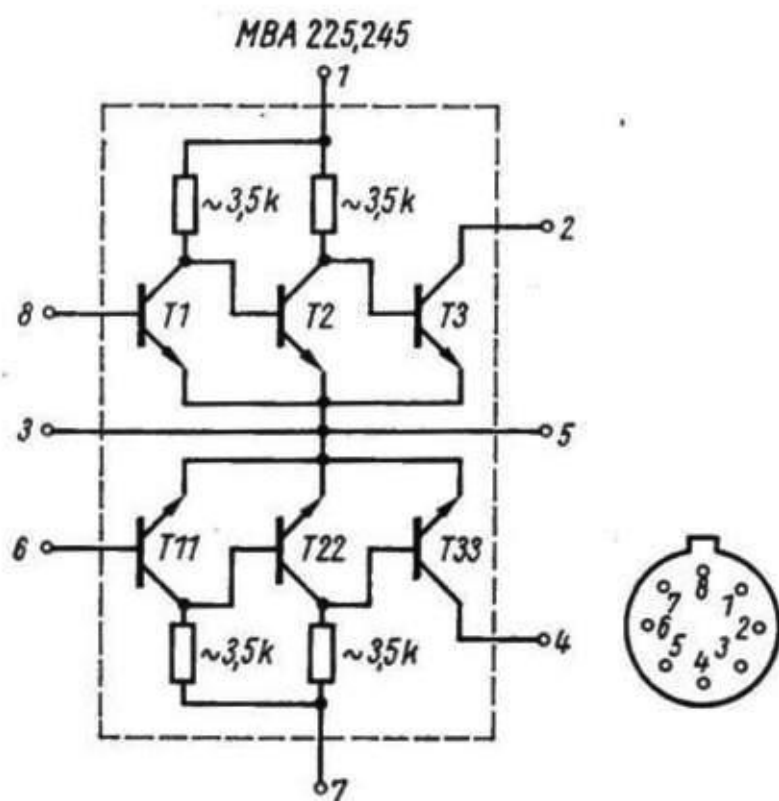


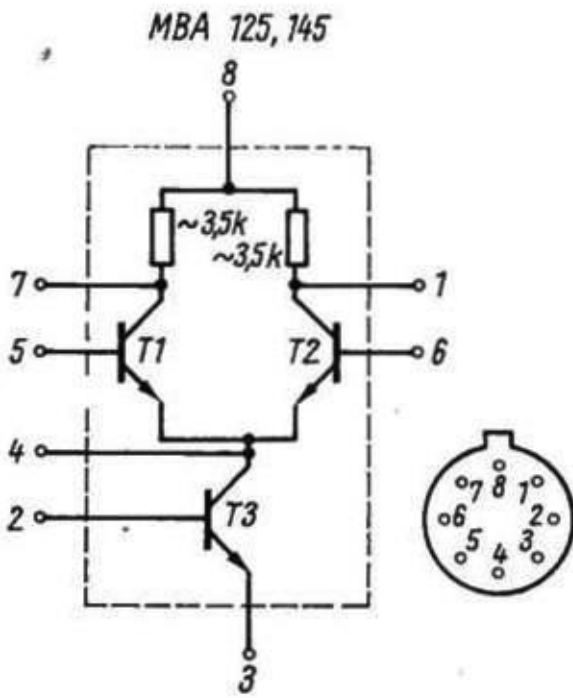
Bild 7  
Integrierte Verstärker-Schaltkreise *MBA 225* und *MBA 245* von TESLA, speziell für Stereoanwendungen

### Differenzverstärker *MBA 125/MBA 145*

Ein Differenzverstärker ist die einfachste Form eines Operationsverstärkers. Das Einsatzgebiet sind vor allem die Meßtechnik und die Steuerungs- und Regelungstechnik. Bild 8 zeigt die Schaltung des IS *MBA 125/MBA 145*. T 1 und T 2 bilden den Differenzverstärker, T 3 dient bei einer entsprechenden äußeren Beschaltung (Konstantstromquelle) zur Emittorstromstabilisierung. Die Differenz-Spannungsverstärkung ist  $> 50$ , die Eingangsspannungs-Unsymmetrie ist  $< 4 \text{ mV}$ , die Eingangs-



Bild 8  
Integrierte Differenzverstärker-Schaltkreise  
MBA 125 und MBA 145 von TESLA



strom-Unsymmetrie ist  $< 2 \mu\text{A}$  und der Eingangs-Nullstrom  $< 50 \mu\text{A}$ . Für den Eingangswiderstand werden  $2,5 \text{ k}\Omega$ , für den Ausgangswiderstand werden  $2,3 \text{ k}\Omega$  angegeben. Die Bandbreite für den Differenzverstärker reicht von  $0,001$  bis  $5000 \text{ kHz}$ . Als Betriebsspannung sind für den *MBA 125*  $\pm 7 \text{ V}$  und für den *MBA 145*  $\pm 12 \text{ V}$  vorgesehen; der Strom  $I_{g/2}$  darf maximal  $20 \text{ mA}$  betragen, die Gesamtverlustleistung  $300 \text{ mW}$ . Das Gehäuse ist eine *TO-5*-Ausführung.

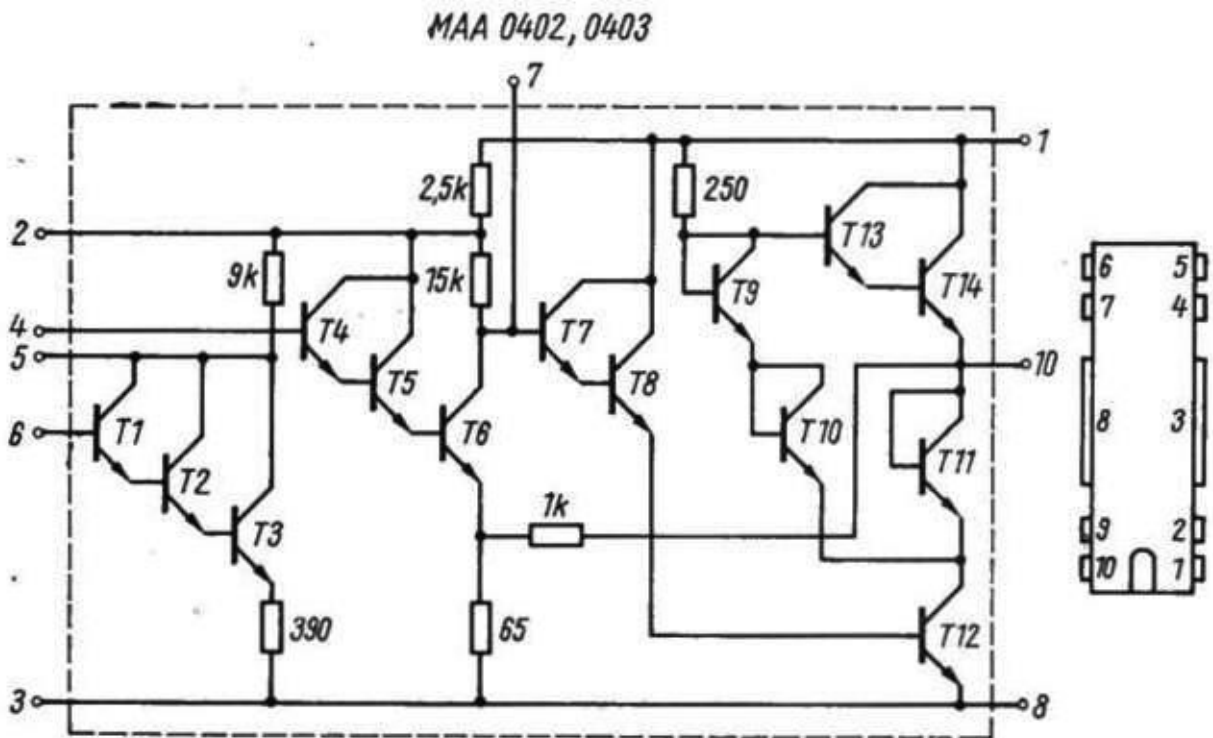


Bild 9 Integrierte NF-Leistungsverstärker-Schaltkreise MAA 0402 und MAA 0403 von TESLA

## Integrierter NF-Verstärker MA 0402/MA 0403

Auf dem Chip des IS sind alle Stufen für einen kompletten eisenlosen NF-Verstärker untergebracht, der für eine maximale Ausgangsleistung von 3,5 W ausgelegt ist. Die Transistoren T 1...T 8 bilden den Vorverstärker, die Transistoren T 9...T 14 gehören zum Endverstärker. Da sowohl der Anschluß 4 bzw. 6 als Verstärkereingang verwendet werden kann, lassen sich hoch- und niederohmige Eingangsschaltungen realisieren. Für den IS MA 0402 ist die Betriebsspannung maximal 16 V, beim MA 0403 ist sie maximal 20 V. Nachfolgend die wichtigsten Angaben zu den beiden integrierten NF-Verstärkern.

	MA 0402	MA 0403
Ausgangsleistung	1 W	2,5 W
Eingangsspannung	< 250 mV	< 350 mV
Ruhestrom	< 50 mA	
Eingangswiderstand	1 M $\Omega$	
Übertragungsbereich	20... 20 000 Hz	
max. Ausgangsstrom	1,25 A	
max. Verlustleistung	2,0 W	3,5 W

Die Werte gelten für  $U_b = 12$  bzw.  $18$  V;  $R_z = 8 \Omega$  und  $f = 1$  kHz.

Bild 10 zeigt die Anwendung der IS MA 0403 in einem NF-Verstärker für einen Plattenspieler mit Kristalltonabnehmer. Es genügt dafür der Eingang 4, da ja vom Tonabnehmer eine höhere Spannung abgegeben wird. Mit dem Trimpotentiometer  $100 \text{ k}\Omega$  wird eine symmetrische Aussteuerung für den Verstärker eingestellt. Bei einer Betriebsspannung von  $U_b = 18$  V,  $R_z = 8 \Omega$  und  $k = 5\%$  ist die Ausgangsleistung 2,5 W. Der Eingangswiderstand ist  $\geq 1 \text{ M}\Omega$ , für Vollaussteuerung wird eine Ein-

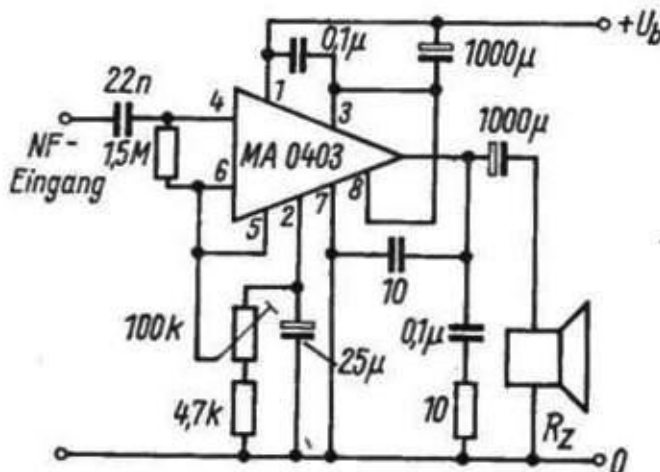


Bild 10  
IS MAA 0403 als 3-W-NF-Verstärker mit hochohmiger Eingangsschaltung

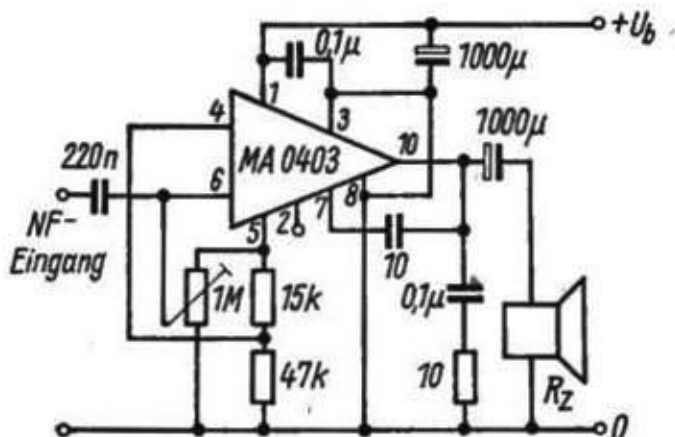


Bild 11  
IS MAA 0403 als 3-W-NF-Verstärker mit niederohmiger Eingangsschaltung

gangsspannung von 280 mV erforderlich. Bei der Ausgangsleistung 1 W ist der 3-dB-Bereich des Frequenzganges 40 Hz bis 80 kHz.

Bild 11 zeigt die Variante des NF-Verstärkers für einen niederohmigen Eingangswiderstand, wobei zusätzlich die Verstärkung der Transistoren T 1...T 3 ausgenutzt wird. Die Ausgangsleistung ist wieder 2,5 W bei  $U_b = 18 \text{ V}$  und  $R_z = 8 \Omega$ . Beim Eingangswiderstand von etwa  $20 \text{ k}\Omega$  ist für Vollaussteuerung eine Eingangsspannung von 30 mV erforderlich. Zur Kühlung sind am Gehäuse des IS an den breiten Anschlußfahnen zwei 1 mm starke Cu-Bleche  $40 \text{ mm} \times 50 \text{ mm}$  anzulöten.

#### HF-Verstärker bis 120 MHz MA 3005/MA 3006

Bis in den UKW-Bereich anwendbar ist der universelle HF-Verstärker MA 3005/MA 3006 (Bild 12), dessen Ein- und Ausgänge symmetrisch oder unsymmetrisch betrieben werden können. Damit ergeben sich vielseitige Anwendungen als Mischer, Oszillator, HF-Verstärker, Modulator und Demodulator. Die Verstärkung ist als Differenzverstärker  $> 13 \text{ dB}$  bei 100 MHz, bei Kaskodeschaltung ist sie  $> 15 \text{ dB}$ . Die Betriebsspannung beträgt 12 V, als maximale Verlustleistung wird 300 mW angegeben. Beide IS unterscheiden sich durch die Größe der Eingangsspannungs-Unsymmetrie, beim MA 3005 ist sie 2,6 mV, beim MA 3006  $< 1,1 \text{ mV}$ . In den Herstellerdaten werden vier Arbeitsbedingungen unterschieden, die entsprechende Zusammenschaltungen der Punkte 4 - 5 - 8 bedingen.

#### Kompensierter Differenzverstärker MA 3000

Für den Einsatz bei niederen Frequenzen steht der kompensierte Differenzverstärker MA 3000 (Bild 13) zur Verfügung. Durch die Emitterfolgerschaltung wird eine hochohmige Eingangsimpedanz von etwa  $200 \text{ k}\Omega$  bei unsymmetrischem Betrieb erreicht, die Ausgangsimpedanz ist



MA 3005, 3006

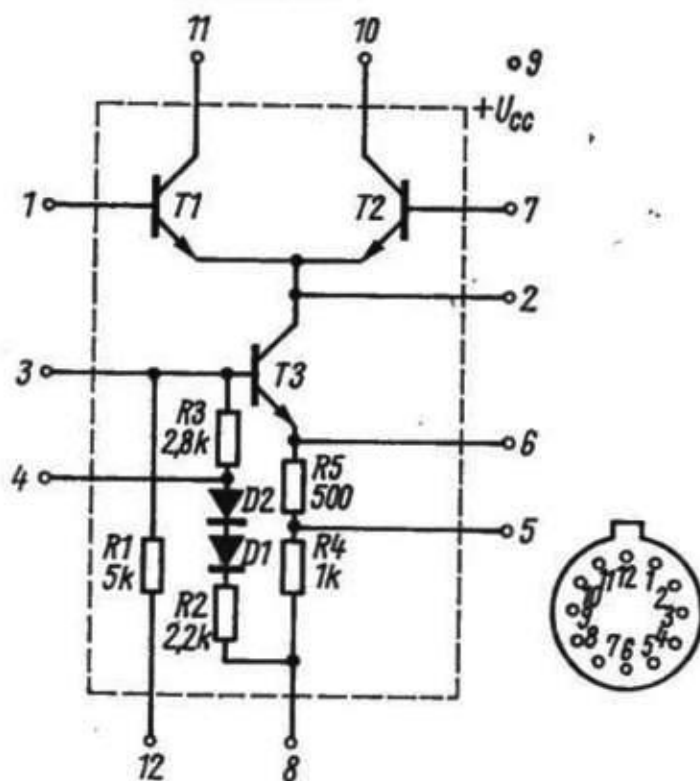


Bild 12  
Integrierte Differenzverstärker-Schaltkreise MA 3005 und MA 3006 von TESLA für HF-Anwendung bis 120 MHz

MA 3000

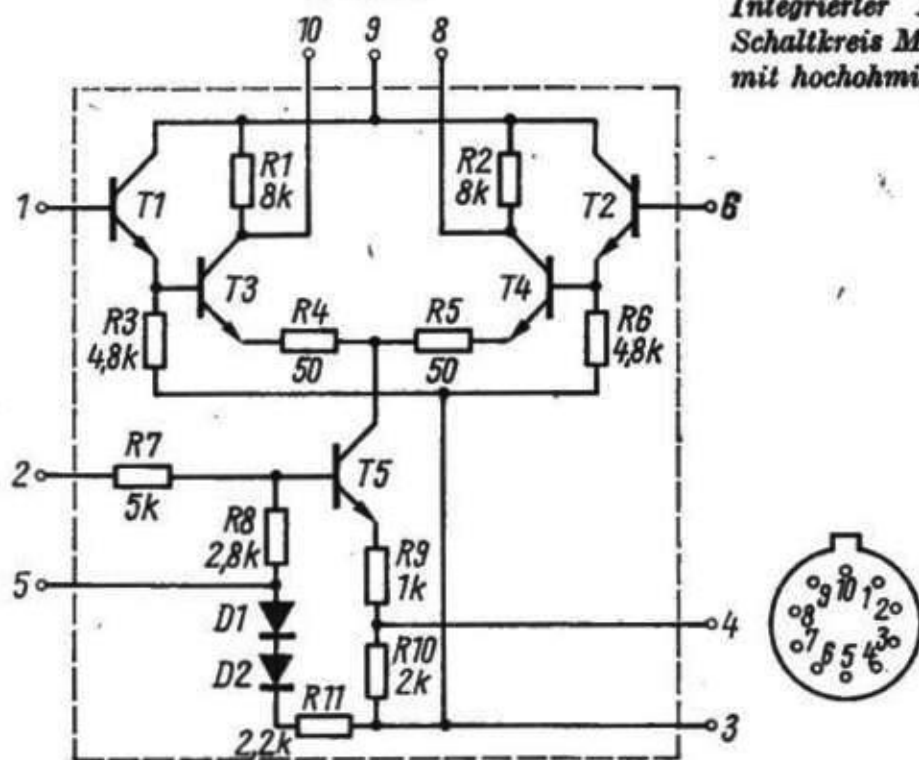


Bild 13  
Integrierter Differenzverstärker-Schaltkreis MA 3000 von TESLA mit hochohmigem Eingang

bei symmetrischem Ausgang etwa  $8 \text{ k}\Omega$ . Die Unsymmetrie für die Eingangsspannung ist  $< 1,4 \text{ mV}$ , für den Eingangsstrom ist sie  $< 1,2 \text{ }\mu\text{A}$ . Für die Differenz-Spannungsverstärkung wird ein Wert bei unsymmetrischen Ausgang von  $28 \dots 32 \text{ dB}$ , bei symmetrischem Ausgang von  $33 \dots 37 \text{ dB}$  angegeben. Dabei ist die 3-dB-Bandbreite  $> 600 \text{ kHz}$ . Als Grenzwerte gelten  $U_{cc} = 10 \text{ V}$  und  $P_{tot} = 300 \text{ mW}$ .

## Spannungsstabilisator MAA 550

Dieser Spannungsstabilisator ist gedacht zur Stabilisierung der Abstimmspannung von Kapazitätsdioden, die zur Abstimmung von HF-Kreisen in Fernseh- und Rundfunkempfängern eingesetzt werden. Bild 14a zeigt die Innenschaltung des IS *MAA 550* und Bild 14b die Schaltung für seinen Einsatz. Die stabilisierte Spannung liegt im Bereich von 31...35 V bei  $I_{P/N} = 5\text{mA}$ . Im Temperaturbereich von  $10^{\circ}\text{C} \dots 50^{\circ}\text{C}$  verändert sich die stabilisierte Spannung im Bereich  $-125 \dots +62\text{mV}$ . Als maximaler Strom wird  $I_{P/N} = 15\text{mA}$  angegeben. Der IS ist untergebracht in einem Transistorgehäuse mit  $4,75\text{mm } \varnothing$  und  $5,3\text{mm}$  Höhe.

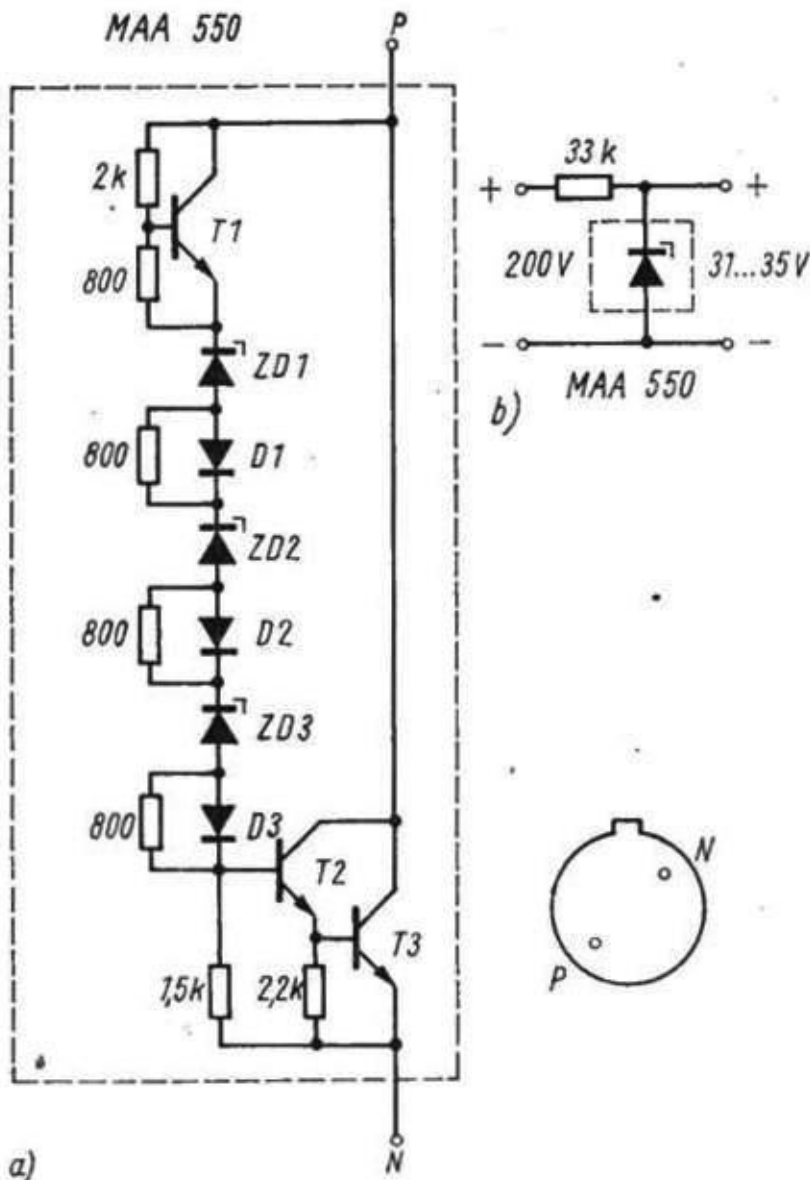


Bild 14 Integrierter Stabilisator-Schaltkreis MAA 550 von TESLA, für 33 V/5 mA

## Spannungsstabilisator MAA 723

Für einen vielseitigen Einsatz steht der Spannungsstabilisator *MAA 723* zur Verfügung, der in einem *TO-5*-Gehäuse eingebaut ist; die Anschlußfolge entspricht dem vom Typ *MA 3000*. Die Schaltung besteht im wesentlichen aus einem Referenzspannungsverstärker, einem Differenzverstärker und einer Überstrom-Schutzschaltung. Insgesamt enthält der IS 16 Transistoren, 3 Z-Dioden, 11 Widerstände und einen monolithischen Kondensator 5 pF. Der maximale Belastungsstrom  $I_2$  ist 150 mA, allerdings abhängig von der Größe der Eingangsspannung  $U_1$ , die maximal 40 V betragen kann. Der Spannungsbereich für den Ausgang ist 2...37 V, die Verlustleistung beträgt 800 mW.

Die Ausgangsspannungsänderung ist:

$$0,01\% U_2 \text{ bei } U_1 = 12 \dots 15 \text{ V};$$

$$0,02\% U_2 \text{ bei } U_1 = 12 \dots 40 \text{ V};$$

$$0,03\% U_2 \text{ bei } I_2 = 1 \dots 50 \text{ mA};$$

$$0,3\% U_2 \text{ bei } t_a = -55 \dots +125^\circ\text{C}.$$

Im Leerlauf nimmt der IS *MAA 723* einen Ruhestrom von 2,3 mA auf. Die Referenzspannung ist 7,15 V.

Bild 15a zeigt den Einsatz des IS *MAA 723* bei niedrigen Ausgangsspannungen. Mittels  $R_1/R_2$  wird ein Teil der Referenzspannung an den nicht invertierenden Eingang des Differenzverstärkers geführt. Nach Bild 15c kann mittels des Potentiometers  $P$  (0,5...1 k $\Omega$ ) die Ausgangs-

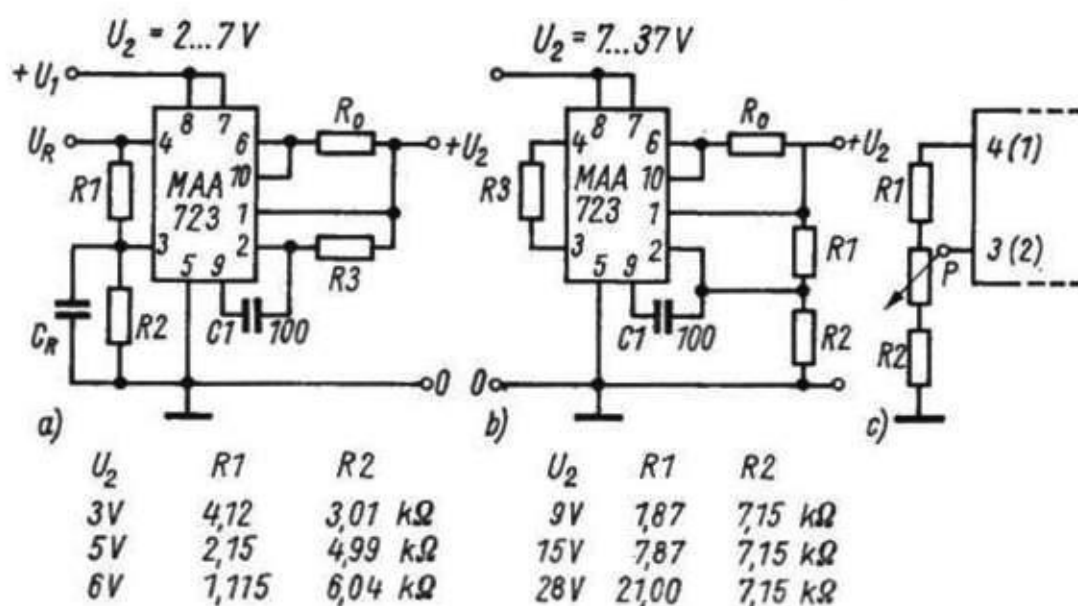


Bild 15 Beispiele für die Anwendung des integrierten Stabilisator-Schaltkreises *MAA 723* von *TESLA*

spannung verändert werden.  $R_3$  dient zur minimalen Temperaturdrift, der Wert ergibt sich etwa aus dem Verhältnis  $R_1 \cdot R_2 / (R_1 + R_2)$ . Die Überstrombegrenzung wird mit dem Widerstand  $R_0$  eingestellt, wobei etwa gilt:

$$I_{\text{begr}} = \frac{0,7}{R_0};$$

$I_{\text{begr}}$  in A,  $R_0$  in  $\Omega$ .

Bei höheren Ausgangsspannungen ( $> 7\text{ V}$ ) kann man nicht mehr die Referenzspannung als Grundlage nehmen, sondern legt den Spannungsteiler  $R_1/R_2$  an den Ausgang und steuert den invertierenden Eingang des Differenzverstärkers an (Bild 15b). Auch am Ausgang kann man den veränderlichen Spannungsteiler gemäß Bild 15c einsetzen, um die gewünschte Ausgangsspannung bequem einstellen zu können.

Sollen größere Belastungsströme realisiert werden, so schaltet man an den Ausgang einen entsprechenden Silizium-Leistungstransistor (Basis an 6, Kollektor an 7, Emitter an 10). Die stabilisierte Spannung steht am Emitter zur Verfügung. Mit speziellen Schaltungen ist es auch möglich, negative Spannungen zu stabilisieren.

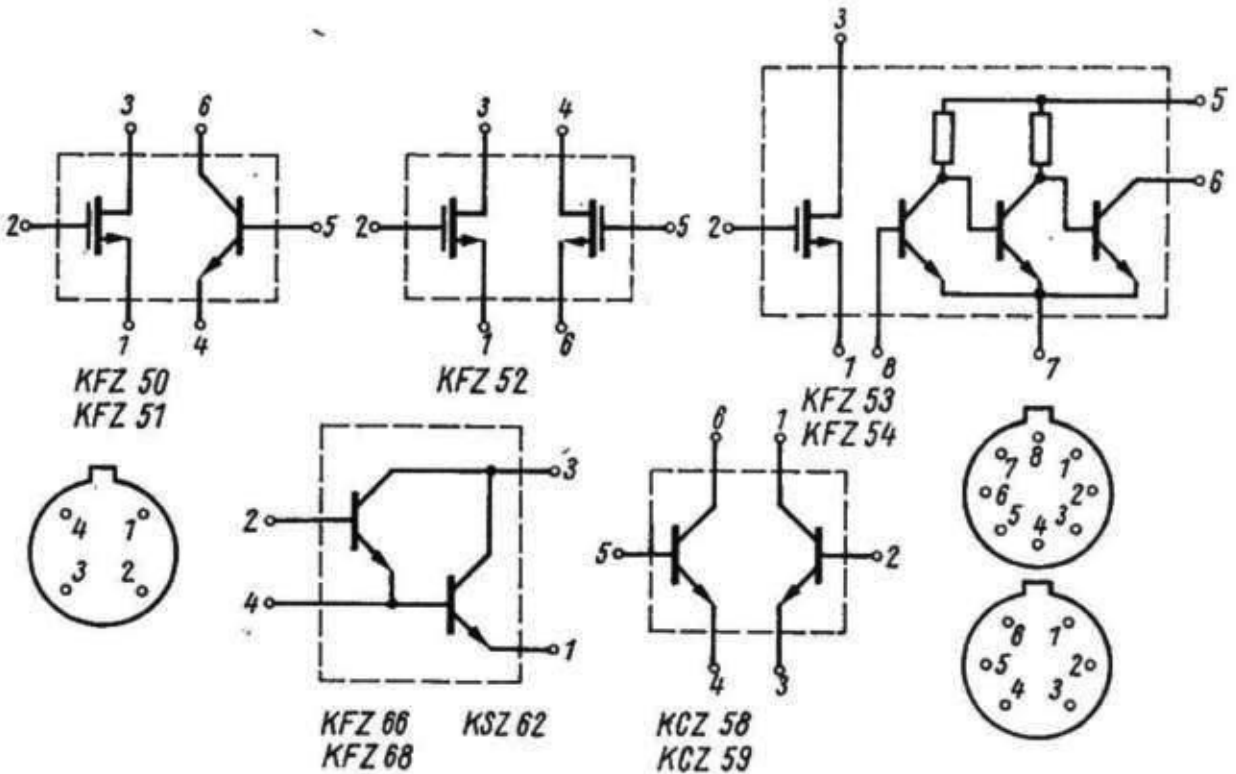


Bild 16 Innenschaltungen verschiedener Transistorkonfigurationen von TESLA

## TESLA-Transistorkonfigurationen

In früheren Halbleiterkatalogen führte TESLA im Produktionsprogramm auch die in Bild 16 aufgeführten integrierten Schaltkreise an. Es handelt sich dabei (bis auf KFZ 53/54) um sogenannte Transistorkonfigurationen für die verschiedensten Anwendungszwecke. Der Typ KFZ 50/51 enthält einen n-Kanal-MOSFET-Transistor (KF 520) und einen Siliziumtransistor (KC 508), so daß sich hochohmige NF-Eingangsschaltungen realisieren lassen ( $R_{\text{eing}} = > 10^{13} \Omega$  beim KFZ 50 und  $> 10^{10} \Omega$  beim KFZ 51). Gut geeignet für Differenzverstärkerschaltungen sind die Doppeltransistor-Schaltungen KFZ 52 ( $2 \times$  KF 520), KCZ 58 ( $2 \times$  KC 508) und KCZ 59 ( $2 \times$  KC 508). Das Verhältnis der Steilheit oder der Stromverstärkungen liegt beim KFZ bei  $0,9 \dots 1,0$ , beim KCZ 58 bei  $0,9 \dots 1,1$  ( $B > 50$ ) und beim KCZ 59 bei  $0,8 \dots 1,25$  ( $B > 25$ ).

Für höhere Stromverstärkungen verwendet man die *Darlington*-Schaltung, wie sie bei den Typen KFZ 66/KFZ 68/KSZ 62 dargestellt ist. Es wird dadurch eine Stromverstärkung erreicht, die etwa dem Produkt der Stromverstärkungen beider Transistoren entspricht. Da Silizium-HF-Transistoren vom Typ KF 506/508 integriert wurden, liegt die Transitfrequenz hoch, beim KSZ 62  $> 290$  MHz, bei den anderen Typen ist sie 30 MHz. Die Stromverstärkungen werden wie folgt angegeben:

KSZ 62	$> 625$ ;
KFZ 66	2000 bis 20000;
KFZ 68	7000 bis 70000.

Für den KSZ 62 gelten noch die Werte  $U_{\text{CBO}} = 25$  V,  $U_{\text{CEO}} = 15$  V,  $I_{\text{C}} = 200$  mA und  $P_{\text{C}} = 1$  W. Bei den zwei anderen Typen sind diese Werte:  $U_{\text{CBO}} = 60$  V,  $U_{\text{CEO}} = 30$  V,  $I_{\text{C}} = 500$  mA und  $P_{\text{C}} = 2,6$  W (bei idealer Kühlung).

### Literatur

- [1] Schubert, K.-H.: Integrierte Halbleiterschaltungen von TESLA, Elektronisches Jahrbuch 1969, Seite 101 bis 105, Deutscher Militärverlag, Berlin 1968
- [2] Katalog -Lineare integrierte Schaltungen-, TESLA Roznov 1972
- [3] Schaltungsbeispiele für lineare integrierte Schaltungen, TESLA Roznov 1971
- [4] Zima, J.: Integrierte Schaltungen, Radiovy konstrukter, 6 (1970), Heft 6, Verlag Magnet, Prag 1970
- [5] TESLA-Katalog -Halbleiter-Bauelemente 1972-
- [6] TESLA-Katalog -Halbleiter-Bauelemente 1970-
- [7] Laagspannungsstabilisatoren mit L 123 ( $\mu\text{A} 723$ ), Radio Electronica, Heft 7/1970, Seite 257 bis 260, 263