

Optimum Bias Circuit for Linear Power Transistors

(Vorspannungserzeugung für Leistungs-Lineartransistoren)

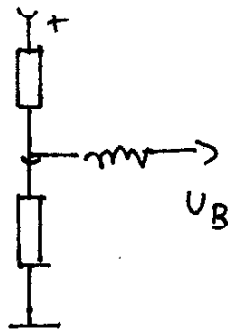
Manfred Kurock , DF4LY
Wiesenweg 6
D-2385 Hüsby

Um die Vorspannung für Leistungs-Transistoren im AB-Betrieb zu erzeugen, sind einige Forderungen von der Schaltung zu erfüllen:

1. Einstellbare Spannung von 0,5 - 0,8 V zwecks Einstellbarkeit des Ruhestroms.
2. Temperaturgang der Spannung muß dem Temperaturgang des Leistungs-Transistors entsprechen. Ideal ist es wenn der resultierende Ruhestrom des Leistungstransistors einen negativen Temperaturgang hat.
3. Die Vorspannungsquelle muß mit niedrigem Innenwiderstand ($< 0,1 \text{ Ohm}$) den maximalen Basisstrom des HF-Leistungstransistors (max. 1 A) liefern können.
4. Wünschenswert ist auch noch ein niedriger Standby-Strom der Vorspannungsquelle.

Leider erfüllen die in Amateurschaltungen gebräuchlichen Schaltungen diese Forderungen entweder überhaupt nicht, oder nur teilweise. Konsequenzen sind thermische Instabilität und schlechtes Intermodulationsverhalten. Zwecks Vermeidung von Fehlern seien einige schlechte Lösungen vorgeführt.

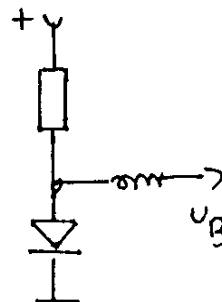
Figure 1/Bild 1: Primitive Bias Circ.



Die schlechteste Lösung, die man z.B. in Primitiv-PA's aus Fernost findet, ist ein einfacher Widerstandsteiler (Bild 1). Diese Schaltung erfüllt keine der obigen Forderungen und muß unbedingt vermieden werden.

Die zweitschlechteste Lösung ist eine Schaltung mit Vorwiderstand und Diode (Bild 2). Sie findet sich in fast allen käuflichen Transistor-

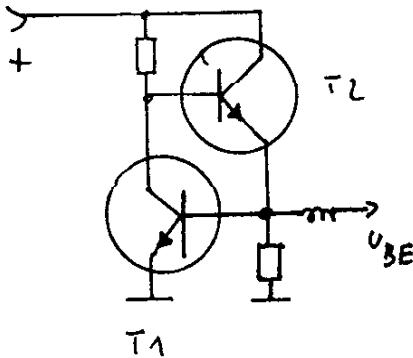
Figure 2/Bild 2: Diode Circuit



Linear-PA's, z.B. der TONO 4I-60G. Diese Schaltung erfüllt ebenfalls nicht die Forderungen. Forderung 2 wird meistens nicht erfüllt, da die Diode nicht im thermischen Kontakt mit dem Leistungstransistor sitzt. Forderung 3 wird nur teilweise erfüllt, da der Querstrom durch die Diode mindestens so groß wie der maximale Basisstrom des HF-Leistungstransistors (z.B. 1 A) sein muß. Üblich sind aber nur Querströme von maximal 0,3 A, da sonst die Spannung an der Diode, und damit der sich einstellende Ruhestrom im HF-Leistungstransistor zu groß wird. Wird dieser Strom überschritten, kann die Vorspannungsquelle

Hints & Kinks: Stable Bias Circuit for Linear Power Transistors

Figure 3/Bild 3: Two Trans. Circuit



nicht mehr nachliefern, die Basisspannung wird schlagartig negativ und der Transistor geht in den C-Betrieb. Dieser Effekt ist aussteuerungsabhängig und temperaturabhängig. Die Folgen für das Ausgangsspektrum sind verheerend: Eine solche PA splattert noch mehr, als es schon die auf Pseudo-Linear-Betrieb gequälten 12 V FM-Transistoren tun.

Eine halbwegs akzeptable Lösung ist die 2-Transistor-Schaltung in Bild 3. Sie wird angewendet in einigen Hochleistungs-PA's. Wegen der Regelungseigenschaften ist der Innenwiderstand klein und die Vorspannung hat einen negativen Temperatur-Koeffizienten, wenn sich T1

als Temperaturfühler in thermischen Kontakt mit dem HF-Leistungstransistor befindet. Forderung 1 ist

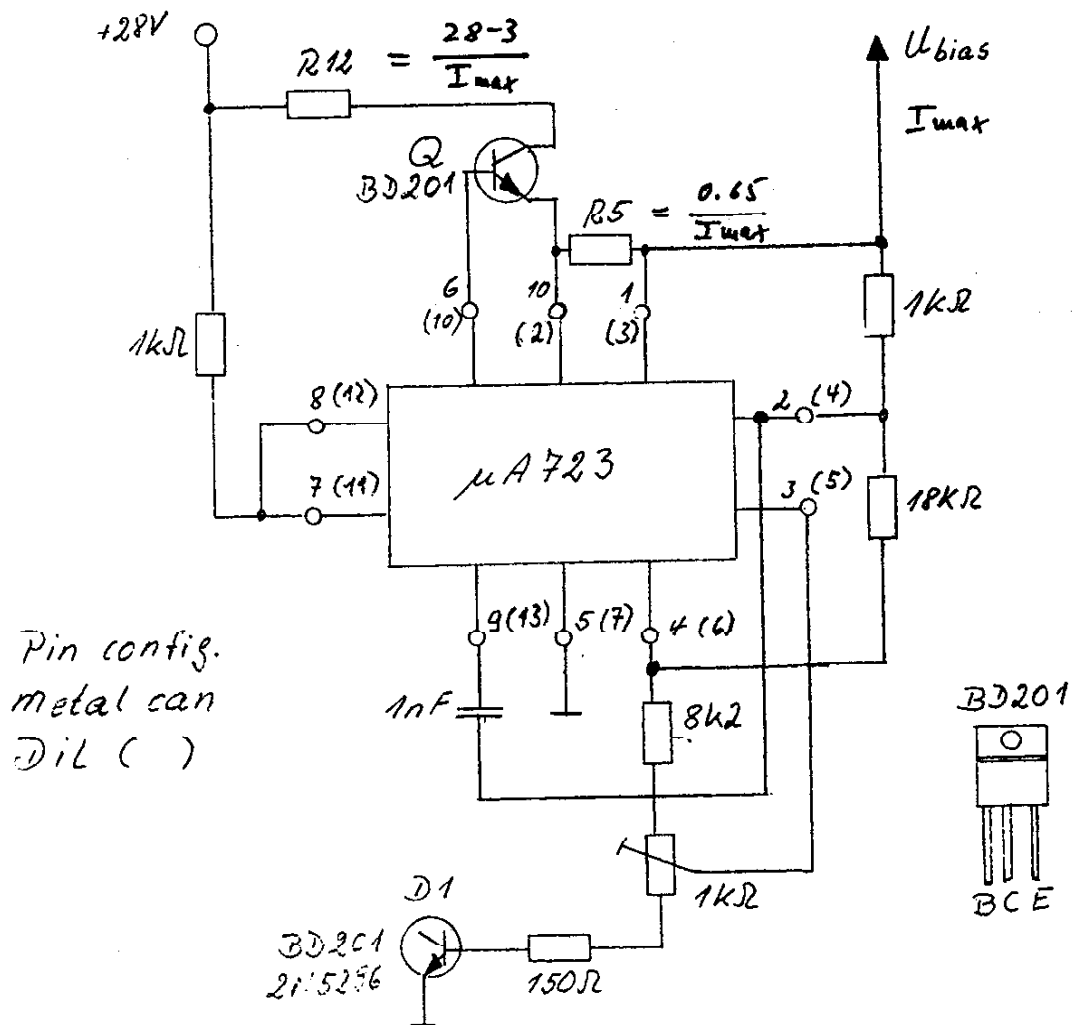


Figure 4/Bild 4: Bias Circuit for RF-Power Transistors/Basis-Vorspannungsquelle

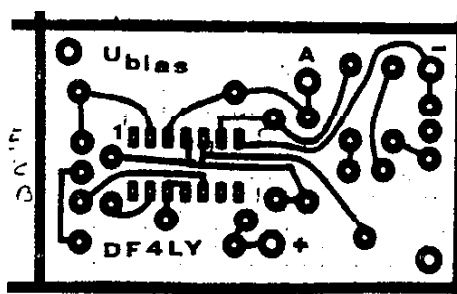
Hints & Kinks: Stable Bias Circuit for Linear Power Transistors

nicht erfüllt, da sich die Ausgangsspannung nicht regeln läßt.

Die beste Schaltung, die alle vier Forderungen erfüllt, habe ich in dem "RF DEVICE DATA" Handbuch von Motorola in der Applikation Note AN-728, "A TWO-STAGE 1 kW SOLID-STATE LINEAR AMPLIFIER" gefunden.

Die Schaltung (Bild 4) erfüllt nicht nur alle obigen Forderungen, sondern ist darüber hinaus mit einem Innenwiderstand von nur 20 mOhm und einem leicht negativem Temperatur-Koeffizienten ideal geeignet, für alle möglichen Linear-Transistoren eine einstellbare und 'steife' Basis-Vorspannungsquelle zu realisieren. Die Schaltung ist auch noch kurzschlußfest, so daß man ruhig mal mit dem Tastkopf oder dem Schraubendreher abrutschen kann. Bild 5 zeigt das Platinelayout. R 12 wird so dimensioniert, daß bei maximalen Basisstrom noch mindestens 3 V am Kollektor von Q anstehen. R5 wird zur automatischen Strombegrenzung dimensioniert. Ein Wert von 0,5 Ohm hat einen Kurzschlußstrom von ca. 1,35 A zu Folge.

Figure 5/Bild 5: PCB-Layout



English:

To generate the bias for solid-state linear amplifiers in class AB is not an easy task: The following requirements have to be satisfied for smooth and linear operation of the RF-power-transistors:

1. Adjustable output voltage from 0.5 to 0.8 volts for adjustable idling current of RF-Power-Transistor
2. Temperature compensation of bias with slightly negative coefficient.
3. Low source impedance of less than 100 mOhms and current output capability in excess of 1 A
4. Low Standby current of bias circuit

Many of those circuit that are used in amateur type of equipment either don't satisfy even a single of the requirements above or in the best case only satisfy them partially. The results are poor temperature stability and poor linearity.

The worst circuit can be seen in figure 1. This circuit is used in some primitive PA-circuits and does not satisfy a single requirement cited above. The second worst circuit can be seen in figure 2. Drawbacks are bad temperature compensation, high source impedance and limited current output capability of less than 0.3 A, because current through diode, which defines maximum output current, has to be limited, because otherwise idling current of PA-transistor would be too high. Also no possibility for a bias adjustment is given. This type of circuit has been observed in most of the commercial amplifiers sold in the amateur market segment, for example in a TONO 4L-60 G linear amplifier. Disastrous splatter effects can be observed with this type of circuit, when base current of the RF-power-transistor exceeds the diode current. Immediately the amplifier will be biased to class C, because it rectifies it's base current, which turns the base voltage negative. These effects combine with the insufficient linearity of the 12 V, FM-transistors, which are misused for SSB-linear-service. On the better side is the circuit from figure 3. This two-transistor circuit has a low source impedance, a temperature regulation through T1, which is in thermal contact with the power transistor, but lacks output adjustability.

The best circuit, which I have found in the MOTOROLA RF-DEVICE-DATA book in application note AN-728 and which satisfies all four requirements, can be seen in figure 4. Regulation is extremely good by means of the 723 regulator IC, it's temperature compensated, short circuit protected and adjustable.