

PHILIPS

LABORATORY REPORT

ELECTRON TUBES
SEMICONDUCTORS
COMPONENTS
MATERIALS

Group : Valvo G.m.b.H., Radioröhrenfabrik
Applikationslabor Hamburg.
Date : 20.9.1962.
Author : Westendorf.
Title : 4 W Push-pull class B amplifier with
2-AD 139, for car radio with 14 V supply.
Rep.no. : H 27/61-3.
Ref.no. : D 6230.

ISSUED BY PHILIPS ELECTRON TUBE DIVISION
INDUSTRIAL COMPONENTS AND MATERIALS DIVISION

HR
30

voor de Historie v/d Radic



U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE
BUREAU OF ECONOMIC ANALYSIS

FOR YOUR PERSONAL INFORMATION

Department of Commerce, Bureau of Economic Analysis
Washington, D.C. 20540

eingeg: 2. Okt 1962

Hamburg-Stellingen, 20. 9. 1962
We/Li.

Bearbeiter: Westendorf

Insgesamt: 7 Seiten

Verteilen

A+B ✓

C 1, 3, 4, 5

D ✓

Bericht-Nr. H 27/61 - 3

D6230

4 W - Gegentakt - B - Verstärker für Autoradio
mit 2 - AD 139 für $U_{\text{Batt}} = 14$ (max 16) V.

Zusammenfassung:

Es wird eine Schaltung mit einer Treiberstufe, bestückt mit einem AC 125, angegeben. Die Schaltung ist für eine maximale Umgebungstemperatur von 60°C und für einen Wärmewiderstand des Kühlbleches für die Endtransistoren von 2°C/W oder 5°C/W ausgelegt. Die Kopplung zwischen Treiber- und Endstufe erfolgt in gewohnter Weise über einen Treibertransformator, da diese Art der Kopplung die grösste Verstärkung und die beste thermische Stabilität ergibt.

Alle Rechte ausdrücklich vorbehalten. Vervielfältigung oder Mitteilung an Dritte, gleichgültig in welcher Form, ist ohne schriftliche Genehmigung des Eigentümers nicht gestattet.

Gemeinsame oder getrennte Emitterwiderstände.

Es wurden bei sonst unveränderter Schaltung Versuche sowohl mit gemeinsamer als auch mit getrennten Emitterwiderständen gemacht.

Ein gemeinsamer Emitterwiderstand hat bei gleicher thermischer Stabilität einen kleineren Wert, ergibt also weniger Verstärkungsverlust und - bei gleicher Sekundärinduktivität des Treibertrafos - eine tiefere untere Grenzfrequenz als getrennte Emitterwiderstände.

Getrennte Emitterwiderstände ergeben insbesondere bei hoher Umgebungstemperatur geringere Unterschiede im Ruhestrom und dadurch geringere Verzerrungen. Bei grösseren Widerstandswerten ergeben sich allgemein kleinere Verzerrungen.

Die in dieser Schaltung verwendeten Emitterwiderstände sind so klein, dass noch kein wesentlicher Unterschied in den Verzerrungen besteht. Es wurde daher wegen der oben genannten Vorteile ein gemeinsamer Emitterwiderstand gewählt.

Ruhestrom - Basisspannungsteiler

Als mit Bezug auf die Verzerrungen optimal ergab sich ein Ruhestrom von ca. 60 mA für beide Transistoren zusammen. Dieser Wert muss individuell eingestellt werden, um die Widerstands- und U_{BE} -Streuungen aufzufangen. Ein nicht einstellbarer Basisspannungsteiler würde starke Streuungen des Ruhestromes und grosse Übernahmeverzerrungen sowie ein hohe untere Grenzfrequenz bei kleiner Aussteuerung für die Transistoren mit kleinem Ruhestrom ergeben.

Der untere Teil des Basisspannungsteilers enthält einen NTC-Widerstand, der Ruhestromänderungen bedingt durch die Temperaturabhängigkeit von U_{BE} weitgehend verhindert. Dieser NTC-Widerstand sollte einen guten therm. Kontakt mit dem Kühlblech in der Nähe der Endtransistoren haben. Eine Stabilisierung des Ruhestromes gegen Batteriespannungsänderungen ist nicht vorgesehen, bei hoher Anforderung an die Wiedergabegüte sollte sie jedoch vorgenommen werden. Die Stabilisierung kann mit Hilfe von Selenzellen oder Siliziumdioden erfolgen.

Treibertransformator - Grenzfrequenzen

Der Treibertransformator hat zwei Bedingungen zu erfüllen. Erstens darf der Kupferwiderstand der Sekundärwicklung nicht so gross sein, dass zur Erhaltung der thermischen Stabilität ein grosser Emitterwiderstand erforderlich wird, der zusammen mit dem Kupferwiderstand der Sekundärwicklung den Eingangsspannungsbedarf übermässig vergrössern und damit zu einer unangenehmen Einbusse an Verstärkung führen würde. Zweitens muss die Sekundärinduktivität so gross sein, dass die untere Grenzfrequenz auch

Alle Rechte ausdrücklich vorbehalten. Vervielfältigung oder Mitteilung an Dritte, gleichgültig in welcher Form, ist ohne schriftliche Genehmigung des Eigentümers nicht gestattet.

1.2.72

bei kleiner Aussteuerung, grosser Stromverstärkung der Endtransistoren (grossem Eingangswiderstand der Endstufe) und grossem Ausgangswiderstand des Treibertransistors nicht zu hoch liegt.

Die angegebene Dimensionierung geht davon aus, dass die untere Grenzfrequenz nicht mehr als 130 Hz (Resonanzfrequenz der üblichen Lautsprecher) betragen soll, und dass eine leichte Gegenkopplung Anwendung findet, um die Verstärkungsstreuungen von Gerät zu Gerät und die Verzerrungen zu verkleinern. Ohne Gegenkopplung kann die Grenzfrequenz bei kleiner Aussteuerung und mit ungünstigen Transistoren über 130 Hz liegen. Bei Bestückung mit nominellen Transistoren beträgt die untere Grenzfrequenz ohne Gegenkopplung 120 Hz.

Diese Grenzfrequenz war mit einem brauchbaren Kupferwiderstand der Sekundärwicklung erst mit einem Kern der Type EI 42 zu verwirklichen. Das ohne zusätzliche Zwischenlagen angebrachte Joch ergibt ungefähr den (für die Gleichstromvormagnetisierung durch den Kollektorstrom der Treiberstufe) optimalen Luftspalt.

Das Übersetzungsverhältnis des Treibertransformators wurde so gewählt, daß auch unter ungünstigen Umständen Vollaussteuerung möglich ist. Für $R_E = 0,27 \Omega$ kann noch $\bar{u} = 8,5$ statt $\bar{u} = 7,4$ genommen werden, wenn es darauf ankommt, ein Maximum an Verstärkung zu erreichen.

Die obere Grenzfrequenz betrug ohne Gegenkopplung und mit nominellen Transistoren ca. 16 kHz. Diese hohe Grenzfrequenz ist auf die hohen S-Grenzfrequenzen sowohl des AD139 als auch des AC 125 zurückzuführen.

Treibertransistor

Der Kollektorstrom des Treibertransistors wurde reichlich gewählt, um Widerstandsstreuungen aufzufangen und um bei Vollaussteuerung nicht in das Gebiet sehr kleiner Steilheiten aussteuern zu müssen. Letzteres würde zu einem unnötig grossen Anteil an gradzahligen Harmonischen führen.

Der Treibertransistor muss so montiert werden, dass möglichst keine zusätzliche Erwärmung durch andere Schaltungsteile, insbesondere durch die Endtransistoren erfolgt. Er muss eine Kühlfläche von $\geq 10 \text{ cm}^2$ haben.

Ausgangstransformator

Die Windungszahl des Ausgangstransformators ergibt sich nur aus der maximal zugelassenen Induktion, die mit ca. 6000 G angesetzt wurde. Die Kerngrösse (EI 48) wurde bestimmt durch den gewünschten Wirkungsgrad des Ausgangstransformators.

Grösse des Emitterwiderstandes

Die Emitterwiderstände wurden bestimmt unter Berücksichtigung der maximalen Batteriespannung, der Widerstandsänderung des NTC-Widerstandes, des

Alle Rechte ausdrücklich vorbehalten. Vervielfältigung oder Mitteilung an Dritte, gleichgültig in welcher Form, ist ohne schriftliche Genehmigung des Eigentümers nicht gestattet.

Kupferwiderstandes der Sekundärwicklung des Treibertransformators, der ungünstigsten Transistordaten und des Wärmewiderstandes des beiden Endtransistoren gemeinsamen Kühlbleches. Für letzteren wurden zwei Werte angenommen: 2°C/W für grosse Geräte und 5°C/W für kleine Geräte. Für den ersten Fall ergab sich ein Emitterwiderstand von $0,27 \Omega$ und für den zweiten Fall ein solcher von $0,39 \Omega$.

Verzerrungen

Auf Blatt 7 werden typische Kurven für die Verzerrungen bei $f = 1000 \text{ Hz}$ als Funktion der Ausgangsleistung (gemessen an $R_L = 5 \Omega$) angegeben. Die Kurven wurden mit einem Generatorwiderstand von $5 \text{ k}\Omega$ gemessen, da der Ausgangswiderstand der Vorstufe ungefähr diesen Wert haben wird. Der Klirrfaktor k_v ist durch eine höhere Bewertung der höheren Harmonischen dem Ohr besser angepasst. Die Messung von k_v erfolgt auf einfache Weise so, dass an den Lastwiderstand ein Differenzierglied aus 5 nF und $1 \text{ k}\Omega$ angeschlossen und der Gesamtklirrfaktor ($2...9 \text{ kHz}$) an dem Widerstand von $1 \text{ k}\Omega$ gemessen wird. Das Ergebnis der Messung wird durch 3 geteilt. Wie die Formel für k_v zeigt, ist k_v mit k_3 identisch, wenn keine anderen Oberwellen auftreten. k_3 wird für $U_{\text{Batt}} = 14 \text{ V}$ zum Vergleich angegeben. Ein Vergleich der Verzerrungen mit $R_E = 0,27$ und $R_E = 0,39 \Omega$ zeigt, dass kein entscheidender Unterschied besteht. Bei $U_{\text{Batt}} = 16 \text{ V}$ ist $R_E = 0,27 \Omega$ etwas günstiger und bei $U_{\text{Batt}} = 12 \text{ V}$ hingegen $R_E = 0,39 \Omega$. Dieser Vergleich lässt es angeraten erscheinen, auch bei kleinerem Wärmewiderstand des Kühlbleches als 5°C/W einen Emitterwiderstand von $0,39 \Omega$ zu benutzen, da hierdurch die Änderungen des Ruhestromes bei höherer Umgebungstemperatur geringer werden.

Gegenkopplung

Eine Gegenkopplung kann sowohl als Spannungs-Strom-Gegenkopplung als auch als Spannungs-Spannungs-Gegenkopplung ausgeführt werden. Für eine Spannungs-Strom-Gegenkopplung von ca. 6 dB genügt ein Widerstand von $390 \text{ k}\Omega$ zwischen dem Kollektor von T_1 und der Basis von T_3 . Eine Parallelkapazität von 39 pF verbessert die Wiedergabe der Höhen und beschränkt die obere Grenzfrequenz auf ca. 10 kHz . Da die Verzerrungen ohne Gegenkopplung schon klein sind, wird eine geringe Gegenkopplung für die meisten Fälle ausreichen.

Eingangs - Spannung und -Strom

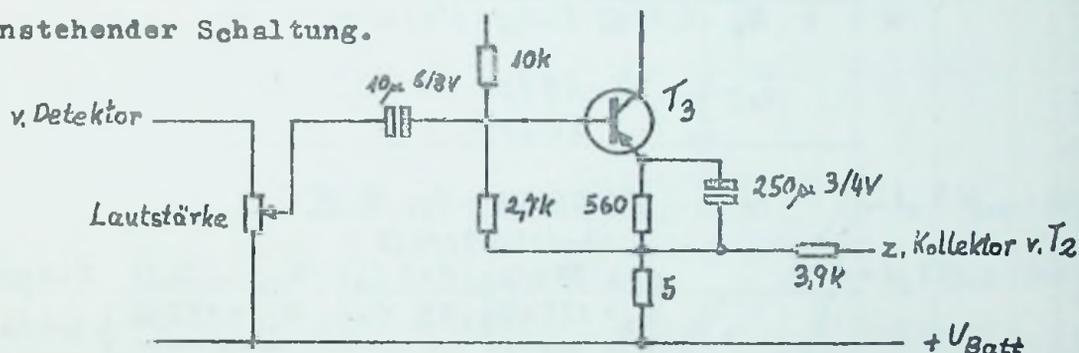
Die gemessenen Streuwerte und mittleren Werte sind auf Blatt 6 aufgeführt. Da keine absoluten Grenzexemplare zur Verfügung standen, ist die tatsächliche Streuung geringfügig grösser.

Alle Rechte ausdrücklich vorbehalten. Vervielfältigung oder Mitteilung an Dritte, gleichgültig in welcher Form, ist ohne schriftliche Genehmigung des Eigentümers nicht gestattet.

Eine Einengung der Störungen ohne Gegenkopplung wäre möglich durch Verwendung von AC 126 anstelle von AC 125 für Endtransistoren mit kleinerer Stromverstärkung.

Durch die vorgeschlagene Gegenkopplung werden die gemessenen Störungen bereits von ca. 10 dB auf ca. 5 dB reduziert. Dies dürfte für die meisten Zwecke ausreichend sein. Es ist jedoch ohne weiteres möglich, eine kräftigere Gegenkopplung zu verwenden, ohne dass mehr als eine Vorstufe erforderlich wird, um den NF-Verstärker mit den üblichen AM- bzw. FM-Detektoren voll auszusteuern. Bei Verwendung eines Transistors mit sehr hoher Grenzfrequenz in der Vorstufe, wie z.B. AC 107, wäre auch eine Gegenkopplung über den ganzen NF-Verstärker möglich, die bekanntlich für eine bestimmte Einengung der Verstärkungsstreuungen des gesamten NF-Verstärkers den geringsten Verstärkungsverlust ergibt.

Es ist bei entsprechender Auslegung des AM- bzw. des FM-Detektors möglich, den Verstärker ohne Vorstufe zu betreiben. Die bessere Anpassung an den Detektor ergibt sich dann mit einer Spannungs-Spannungs- Gegenkopplung entsprechend untenstehender Schaltung.



Mit der angegebenen Dimensionierung ergibt sich bei Spannungssteuerung (dies entspricht etwa heruntergeregelter Lautstärke) eine Gegenkopplung von ca. 6,5 dB bei mittleren Transistoren. Die maximale Eingangsspannung bei Vollaussteuerung beträgt dann 40 mV (gemessener Streuwert) und die maximale Eingangsleistung ca. 1,2 µW. Der kleinste Eingangswiderstand beträgt in dieser Schaltung ca. 1,3 kΩ. Es ist zweckmässig, die obere Grenzfrequenz des Verstärkers durch ein RC-Glied (z.B. 56 Ω und 0,22 µF) zwischen den Kollektor^{em} von T₁ und T₂ zu begrenzen, um eine Anhebung der Höhen durch die Gegenkopplung zu verhindern. Bei anderer Dimensionierung der Gegenkopplung ist darauf zu achten, dass bei heruntergeregelter Lautstärke (stärkste Wirkung der Gegenkopplung), keine Selbsterregung möglich ist.

Sollen statt eines gemeinsamen Emitterwiderstandes getrennte Emitterwiderstände verwendet werden, so sind bei einem Wärmewiderstand des Kühlbleches von 2°C/W minimal 2 x 0,33 Ω und bei 5°C/W minimal 2 x 0,56 Ω vorzusehen.

Pen

Westendorf
(Westendorf)

Alle Rechte ausdrücklich vorbehalten. Vervielfältigung oder Mitteilung an Dritte, gleichgültig in welcher Form, ist ohne schriftliche Genehmigung des Eigentümers nicht gestattet.

0%
5

1

2

3

4

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

20 50 100 200 500 mW 1 2 3 5 W

$N_0 \rightarrow$

$k_1 f. U_{Batt} = 12V$

$k_2 f. U_{Batt} = 16V$

$k_w f. U_{Batt} = 14V$

$k_3 f. U_{Batt} = 14V$

$R_E = 0,275 \Omega$

0%
5

1

2

3

4

5

6

7

8

20 50 100 200 500 mW 1 2 3 5 W

$N_0 \rightarrow$

$k_w f. U_{Batt} = 12V$

$k_w f. U_{Batt} = 16V$

$k_w f. U_{Batt} = 14V$

$k_3 f. U_{Batt} = 14V$

$R_E = 0,39 \Omega$

$$R_{w} = \sqrt{(2k_2)^2 + (3k_3)^2 + (4k_4)^2 + \dots + (4k_9)^2} \cdot \frac{2}{3}$$