

Ersatz für die Zenerdiode LZ36 B in einem Dynacord Hybrid-Verstärker der Modellreihen Eminent 1-T, Eminent 2-T und Bass-King 1-T

Martin Schweizer

Die Hybrid-Röhrenverstärker von Dynacord aus der Modellreihe Eminent 1-T, Eminent 2-T und Bass-King 1-T verwenden zur Erzeugung der internen 40V-Versorgung eine Schaltung mit einer Hochleistungs-Zenerdiode LZ36 B. Da diese Diode nicht mehr verfügbar ist, sollen verschiedene Möglichkeiten für einen Ersatz im Falle eines notwendigen Austausches wegen Defekt untersucht werden.



Die Hybrid-Röhrenverstärker von Dynacord aus der Modellreihe Eminent 1-T, Eminent 2-T und Bass-King 1-T setzen in der Vorverstärkerstufe Transistorstufen ein, die mit 40VDC nominal versorgt werden. Die Erzeugung dieser internen Versorgungsspannung findet auf der Platine #85008 bzw. #85009 statt. Das Layout der beiden ist identisch. Mit #85008 wird die minder bestückte Variante bezeichnet, die nur drei unabhängige Versorgungsspannungen zur Verfügung stellt und im Bass-King zum Einsatz kommt. Die voll bestückte Variante #85009 mit fünf unabhängigen Spannungsversorgungen kommt im Eminent zum Einsatz [1].

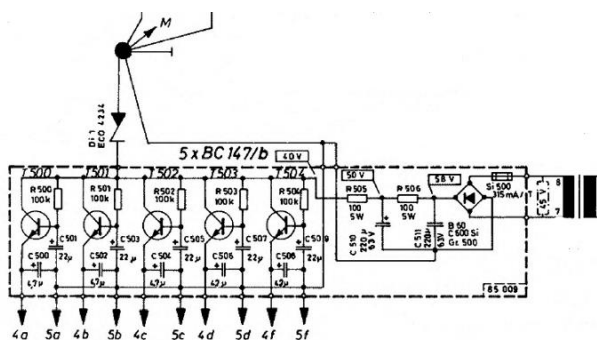


Abb. 1: Schaltplan der internen Spannungsversorgung

Die Wechselspannung aus dem Transformator wird mit dem Brückengleichrichter (Gr.500= B60C600) und dem Stützkondensator (C511= 220µF) gleichgerichtet und anschließend mit einem RC-Siebfilter (R506= 100Ω / C510= 220µF) weiter geglättet. Die Spannung wird dann über einen Strombegrenzungswiderstand R505= 100Ω mit einer Zenerdiode Di1 stabil auf die Zenerspannung gezogen.

Im vorliegenden Gerät ist eine LZ36 B von ITT verbaut. Diese Diode zeigt am Dioden-Prüfer „Open Line“ in beide Richtungen und ist damit defekt. Es

wird nicht angenommen, dass diese Zenerdiode bei einer Reparatur eingesetzt wurde, da auch andere diesen Typ in der Dynacord T-Serie vorgefunden haben [2].

Im Schaltplan und in der Stückliste zur Dynacord T-Serie wird die Diode Di1 anstatt der bestückten ITT LZ36 B eine ECO4234 angeben. Ohne weitere Angaben. Zu beiden Typbezeichnungen kann kein Datenblatt ermittelt werden. Zu der LZ36 B findet sich über eine britische Seite ein Verweis auf einen Beitrag in einer Service Fachzeitschrift aus den 70ern, in der die Diode zur Spannungsstabilisierung eines Tuners erwähnt wird [3], aber näher spezifizieren lässt sich das Bauteil damit nicht. Von ITT bekannt sind die Zenerdioden der Reihe ZX (5% Toleranz) [4] und der Reihe ZL (10% Toleranz) [5] im baugleichen DO-4 Gehäuse.



Abb. 2: Baugleiche Zenerdioden von ITT

Beides sind Hochleistungszenerdioden mit maximal 12,5W Verlustleistung. Der einzige Unterschied in den beiden Reihen ist die oben bereits genannte unterschiedliche Toleranz.

Aus der Nomenklatur wie ITT seine Zenerdioden benennt, wird geschlossen, dass die ITT LZ36 B eine 36V Zenerdiode ist. Die ZX und ZL Typen gibt es aber nur in der Konfiguration Kathode am

Gehäuse, während bei der LZ36 B die Anode am Gehäuse liegt. Deshalb können die noch wenigen verfügbaren Restbestände ZL36 vom Markt nicht eins zu eins verwendet werden. Eine umgekehrte Polung ist prinzipiell bei einer isolierten Montage mit einem Glimmerplättchen und einer speziellen Isolierbuchse (siehe Abb. 3) möglich, führt aber laut Spezifikation zu einer schlechteren Wärmeanbindung ans Gehäuse und damit zu etwa 20% - 30% weniger maximal verfügbarer Verlustleistung.

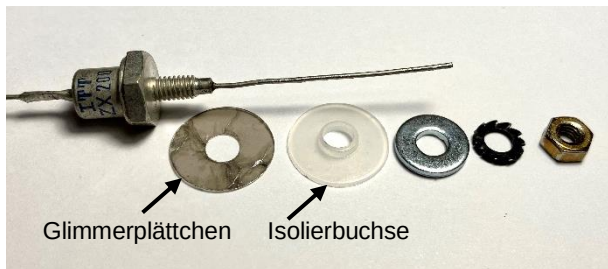


Abb. 3: Isolierte Montage mit Glimmerplättchen

Eine weitere Hochleistungszenerdiode im DO-4 Gehäuse ist die BZY93 von verschiedenen Herstellern (z.B. Valvo [6]).



Abb. 4: 20W Zenerdiode BZY93

Dies ist ein 20W Typ, die bei 36V Zenerspannung laut den Graphen im Datenblatt bei Verbau mit einem Kühlkörper bis zu ca. 450mA tragen kann. Diesen Diodentyp gibt es in zwei Ausführungen. In normaler Ausführung liegt die Kathode am Gehäuse. In der Ausführung mit dem „R“ für Reverse am Ende der Typenbezeichnung liegt die Anode am Gehäuse.



Abb. 5: Die zwei verfügbaren Polungen der BZY93

Die BZY93C36R ist relativ gut erhältlich, da sie aktuell auch noch produziert wird (z.B. NAINA SEMICONDUCTOR [7]). Sie kann problemlos eins

zu eins eingesetzt werden, scheint aber mit den 20W maximaler Verlustleistung etwas überdimensioniert zu sein.

- Welche Leistung ist aus der Schaltung heraus notwendig?

Laut Schaltplan [1] fallen am Strombegrenzungswiderstand R 505 10V ab, was 100mA Strom durch die Zenerdiode entspricht (rechnerisch 3,6W), wenn kein Verbraucher angeschlossen ist. Damit sollte auch eine 10W Zenerdiode ausreichend sein. Mit weniger Sicherheitsreserve sogar noch eine 5W Zenerdiode.

- Können die 10W Leistung auch auf zwei parallel geschaltete 5W Zenerdioden mit gleicher Zenerspannung verteilt werden?

Dazu konnten keine Hinweise gefunden werden, weshalb in einem Testaufbau der Parallelbetrieb vermessen wurde. Die Platine #85009 wurde ohne Lasten an den fünf Versorgungen mit zwei zur Verfügung stehenden ITT ZL22 Zenerdioden betrieben. Der Trafo wurde über einen Stelltransformator mit Netzspannung versorgt, damit die Spannungen in der Schaltung regelbar werden.

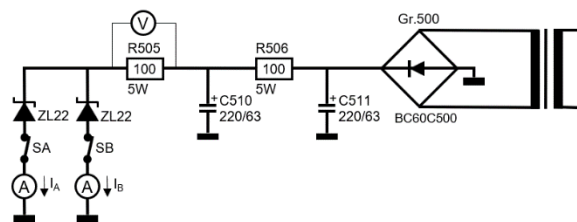


Abb. 6: Testaufbau für Parallelbetrieb von Zenerdioden

Die Versorgungsspannung wurde so eingestellt, dass etwa 10V am R505 abfallen. Die Ströme durch die Zenerdioden wurde sowohl jeweils einzeln als auch im Parallelbetrieb bei konstant gehaltener Versorgung vermessen.

Schalter	I_A [mA]	I_B [mA]
SA_1, SB_0	100mA	
SA_0, SB_1		103mA
SA_1, SA_1	7,3mA	96mA

Einzeln verhalten sich die beiden Zenerdioden im Rahmen der Toleranzen gleich. In der Parallelschaltung teilt sich jedoch der Strom nicht gleichmäßig auf die beiden Pfade auf. Die Asymmetrie stellt sich unabhängig davon ein, ob zunächst Diode A betrieben wird und dann Diode B zugeschaltet wird oder umgekehrt die Diode B in Betrieb ist und Diode A zugeschaltet wird. Das liegt

wahrscheinlich an dem nur sehr ungenau kontrollierbaren Widerstand der Diode im Durchbruchbetrieb einer Zenerdiode. Ein Parallelbetrieb von z.B. zwei 5W-Zenerdioden um die erforderlichen 10W zu erreichen wird damit verworfen. Es ist außerdem nicht bekannt wie ein Parallelbetrieb sich auf die Spannungsstabilisierung auswirkt.

- Welche 10W Zenerdioden mit der Anode am Gehäuse können eingesetzt werden?
- Die 1N2991B ist eine 10W Leistungsdioden mit 36V Zenerspannung [8].



Abb. 7: 10W Zenerdiodenreihe 1N2970 bis 1N3015

Das B am Ende steht für 5% Toleranz. Mit einem A am Ende werden die baugleichen Dioden mit 10% Toleranz bezeichnet. Diese Diodenreihe ist ebenfalls in einem DO-4 Gehäuse verbaut. Hier ist bei der als normal bezeichneten Version die Anode am Gehäuse und der als „reverse“ bezeichnete Typ mit der Kathode am Gehäuse erhält am Ende noch zusätzlich ein „R“. Um aus der Typenbezeichnung auf die Zenerspannung zu schließen benötigt man definitiv das Datenblatt.

Andere Hersteller der 1N2991 (z.B. Digitron [9]) verwenden für die Kennzeichnung der Toleranz und der „Reverse“ Konfiguration eine leicht modifizierte Nomenklatur.

Die NTE 5204A von NTE Electronics ist ebenfalls eine 10W Zenerdiode mit 5%Toleranz und 36V Zenerspannung [10].



Abb. 8: 10W Zenerdiode NTE 5204A

Unter der Typbezeichnung NTE 5204A liegt die Anode am Gehäuse. Ein Typ mit der Kathode am Gehäuse ist auch verfügbar und wird am Ende mit einem „K“ gekennzeichnet.

Letztendlich wird die NTE 5204A als Ersatz für die LZ36 B gewählt, weil sie einfacher als Einzelstück

zu bekommen war (z.B. auf der USA-Seite von Amazon).

Mit der 10W Zenerdiode NTE 5204A in der Schaltung sollen die Bedingungen der Schaltung für die interne 40V-Versorgung unter Last vermessen werden. Am R505 fallen 10V ab, was 100mA Gesamtstrom in die Schaltung bedeutet. Davon fließen jeweils 3,5mA durch die vier angeschlossenen Vorverstärkerplatinen #81008 und 4,5mA belastet die Zwischenverstärkerplatine #82005. Er handelt sich um die Ruhestrome ohne Signale und Lasten im Signalpfad an den Verstärkerplatinen. Der rechnerische Rest von 81,5mA entspricht innerhalb der Toleranzen dem gemessenen Rest von 80,3mA durch die Zenerdiode.

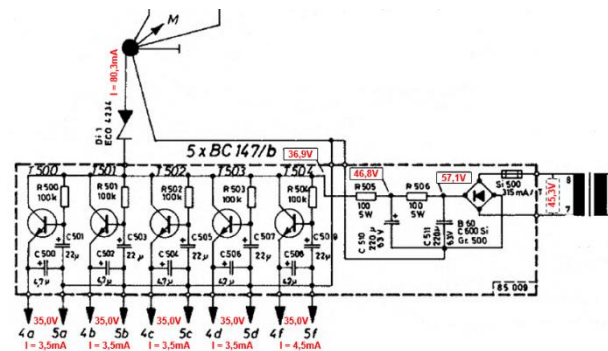


Abb. 9: Spannungen und Ströme mit NTE5204A

Die Zenerdiode hat dabei eine Verlustleistung von knapp 3W zu bewältigen und erwärmt damit das Kühlblech spürbar, obwohl der maximal zulässige Zenerstrom bei 230mA liegt.

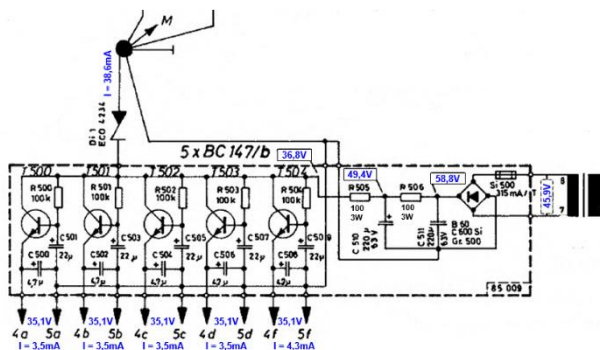
- Kann die Verlustleistung der Diode noch weiter reduziert werden?

Der Arbeitspunkt der Zenerdiode ist durch den Strombegrenzungswiderstand R505 so einzurichten, dass bei maximaler Last noch ca. 5%-10% des maximalen Zenerstromes durch die Diode fließen und ohne jegliche Belastung durch die Verbraucher der maximale Strom durch die Zenerdiode nicht überschritten wird.

Die fünf Verbraucher an der 40V-Versorgung benötigen insgesamt 18,5mA Ruhestrom. Wieviel zusätzlicher Strom wird benötigt, wenn die Vorverstärker #81005 und der Zwischenverstärker #82005 mit einem Signal bei Vollaussteuerung betrieben werden?

Laut dem Service Manual [1] liegt der Strom des gesamten Eminent 2-T bei Vollaussteuerung gegenüber dem Ruhebetrieb (Standby) um den Faktor 2,8 höher. Wie sich das auf die Röhrenendstufe und die Transistorstufen von Vorverstärker und Zwischenverstärker verteilt ist nicht ausgewiesen. Im Ruhebetrieb (Standby) ist

Um den tatsächlichen Unterschied der Stromaufnahme zwischen Nullsignal und Vollaussteuerung zu ermitteln, wurden in einem Testbetrieb die beiden Platinen (Vorverstärker und Zwischenverstärker) mit einem verketteten Audiosignalfeld und einem 1000Hz Sinussignal aus einem Funktionsgenerator vermessen. Die Versorgungsspannung der Platinen lag in dem Testaufbau bei 35,2VDC



Die Vorverstärkerplatine #81008 zeigt dabei eine kaum messbare Zunahme der Stromaufnahme um 0,01mA, wenn die Verstärkerstufe mit entsprechendem Eingangssignal in die Sättigung getrieben wird.

Ändert man die Signalamplitude am Ausgang des Zwischenverstärkers mit dem Lautstärkereger des Zwischenverstärkers lassen sich dynamische Veränderungen der Stromaufnahme beobachten, die aber stets Sekunden nach der Änderung wieder auf den Pegel von 4,27mA zurückkehren. Dreht man von Null auf Maximum lässt sich mit dem trägen Multimeter ein kurzzeitiger Anstieg auf ca. 4,5mA beobachten. Dreht man von Maximum schlagartig auf Null, geht der angezeigte Strom am Multimeter kurzzeitig auf ca. 4,0mA zurück. Um diese Dynamik sicher abzufangen wird den Verbrauchern der 40V-Versorgung eine Verdopplung der Stromaufnahme zugestanden.

Im realen Aufbau wurde mit der umbestückten Platine #85009 und den angeschlossenen vier Vorverstärkerplatinen #81008 inklusive der Zwischenverstärkerplatine #82005 ein Gesamtstrom vom 56,5mA gemessen. Dieser Strom stellt sich nach ca. 10 Minuten Betrieb ein, wenn alle Komponenten inklusive der mit einem Kühlblech montierten Zenerdiode die finale Betriebstemperatur erreicht haben. Die ohne Signal betriebenen Platinen lassen für die Zenerdiode dann noch einen Strom von 38,6mA übrig. Bei einer gemessenen Zenerspannung von 36,8V entspricht das einer Leistung von ca. 1,4W, die die Zenerdiode noch zu bewältigen hat.



**AXIAL LEAD
CASE 017AA
PLASTIC**

Damit würde die Auswahl eines Ersatzes für die LZ36 B im Eminent 2-T noch größer werden, was hier aber nicht weiter in praktischen Tests untersucht wurde.

Bei der in den Hybrid-Röhrenverstärker von Dynacord aus der Modellreihe Eminent 1-T, Eminent 2-T und Bass-King 1-T verbauten Zenerdiode LZ36 B handelt es sich höchstwahrscheinlich um eine ITT Hochleistungs-Zenerdiode mit nominal

36V Zenerspannung, einer maximalen Verlustleistung von 12,5W und der Anode auf dem Schraubbolzen. Als direkte Ersatztypen kommen die 20W Zenerdiode BZY93 sowie die beiden 10W Typen 1N2991B und NTE 5204A in Frage. Alle diese drei Zenerdioden sind im DO-4 Gehäuse mit der Anode am Schraubbolzen montiert.

Durch eine Bestückungsänderung der beiden Widerstände R505 und R506 auf der Platine #85009 von 100Ω auf 200Ω lässt sich die insgesamt aufgenommene Leistung ohne Funktionseinschränkungen reduzieren, sodass die eingesetzte 10W NTE 5204A im Normalbetrieb nur noch mit ca. 1,4W belastet wird. Durch diese Reduzierung kann dann auch noch mit Sicherheitsreserve eine 5W Zenerdiode wie z.B. die 1N5365B von ONSEMI eingesetzt werden. In der 5W Klasse ist dann allerdings die Bauform mit dem Schraubbolzen im DO-4 Gehäuse nicht verfügbar. In der axial bedrahteten Bauform sollte der Einbau allerdings kein Problem darstellen.

Quellen

- [1] Dynacord Service Manual, Ausgabe I, Januar 1968
- [2] Tube Town Forum, „[LZ36B](#)“, Mai 2012
- [3] Radio-TV, [ITT CVC5-CVC9 Series chassis](#), November 1975
- [4] ITT Intermetall Databook 74/75, [ZX12 Datasheet](#), Datasheet Rev. 1.3 – 03/19
- [5] ITT Intermetall Databook 74/75, [ZL12 Datasheet](#), Datasheet Rev. 1.3 – 03/19
ITT Intermetall
- [6] Valvo Datenbuch 1983, [BZY93_C20 Datasheet](#), Datasheet Rev. 1.3 – 12/18
- [7] Naina Semiconductor Limited, [Homepage](#), Noida – 201301 (U.P) India
- [8] Naina Semiconductor Ltd., [10W Zener Diodes](#), Noida – 201301 (U.P) India
- [9] Digitron Semiconductors, [10 WATT ZENER DIODES](#), Rev. 20150317
- [10] NTE electronics, [NTE5174A thru NTE5232A](#); Rev. 9–20
- [11] ON Semiconductor, [ONSEMI 1N53 data-sheet](#); August, 2021 – Rev. 17