

Elektronischer Ersatz für elektromechanische Zershacker

Dr. JOCHEN JIRMANN – DB1NV

Wer röhrenbestückte Auto- und bestimmte Kofferradios reaktivieren will, findet meist keine geeigneten elektromechanischen Zershacker für die Anodenspannungserzeugung mehr. Es ist jedoch möglich, einen elektronischen Ersatz aufzubauen und direkt in die ohnehin vorhandene Fassung zu stecken.

Röhrenbestückte Autoradios waren meist mit E-Röhren bestückt, die sich mit 6 V oder 12 V heizen ließen. Zur Anodenspannungsversorgung wurden Zershackerrelais eingesetzt. Da diese Bauteile nur eine endliche Lebensdauer hatten, waren sie steckbar ausgeführt. Äußerlich gleichen sie Elektrolytkondensatoren mit etwa 35 mm Durchmesser und 70 mm Länge. An einem Ende haben sie einen röhrensockelähnlichen Stecker.

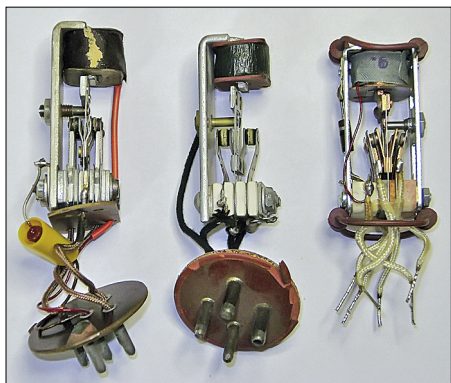


Bild 1: Geöffnete Zershackerpatronen verschiedener Hersteller Fotos: DB1NV

Auch einige Koffergegeräte verwendeten eine Spannungsversorgung mit einem Zershacker. Die Zershackerrelais sind kaum noch in gutem Zustand zu bekommen. Wenn man aus einer Werkstattauflösung etwas erhalten kann, sind es meist verschlissene Exemplare. Genau das Problem hatte ich bei meinem *Radione R9*: Die amerikanische Original-Zershackerpatrone war nicht mehr aufzutreiben und ein probeweise eingebauter Zershacker C600 von *KACO* war nur durch Nachbiegen der Kontaktsätze zu leidlicher Zusammenarbeit zu überreden. So entstand die Idee, einen elektronischen Ersatzzerhacker zu entwickeln. Doch wie funktioniert eigentlich ein mechanischer Zershacker? Bild 4 zeigt die stark vereinfachte Ersatzschaltung einer mit ihm aufgebauten Spannungsversorgung. In Bild 1 ist das Innere verschiedener Zershackerrelais erkennbar. Bild 3 zeigt den *KACO C600* mit Gleichrichterkontakten im Detail. Kern ist ein Pendel aus einer Blattfeder mit einem Gewicht am Ende – die Eigenfrequenz ist meistens 115 Hz. Das Gewicht

ist zugleich der Anker einer Magnetspule. Zur Anregung dient eine Selbstunterbrecherschaltung mit der Spule, die das Gewicht seitlich aus der Ruhelage zieht und die Feder auslenkt, sowie einem Steuerkontakt, der bei bestimmter Auslenkung die Spule stromlos schaltet. Man spricht hier von der Treibspule und dem Treibkontakt.

An der Blattfeder sind ein oder zwei Umschaltkontakte befestigt. In den meisten Schaltungen liegt die Blattfeder an positiver Batteriespannung und der Umschalter legt die beiden Enden einer Transformatorwicklung mit Mittenanzapfung abwechselnd an die Batteriespannung. Im Primärkreis des Transformators fließt also ein rechteckförmiger Wechselstrom, der aufwärtstransformiert und mit einem Brückengleichrichter gleichgerichtet wird. Gelegentlich findet sich anstelle des Brückengleichrichters eine ebenfalls mittengezapfte Sekundärwicklung und der zweite Umschalter dient als mechanischer Gleichrichter.

Zershacker waren immer Problembauteile: Die Kontaktfunken machten Funkenlöschglieder und EMV-Filter zur Spannungsquelle und zum Transformator nötig. Außerdem gibt das Zershackerrelais Summgeräusche ab und die steilen Stromflanken im Transformator erzeugten Magnetostruktionsgeräusche im Transformatorblech – Magnetostruktion ist die Deformation ferromagnetischer Stoffe infolge eines angelegten magnetischen Feldes. In den meisten Autoradios wurde daher die Zershackerstromversorgung in einem separaten Gehäuse im Fußraum des Autos versteckt, in dem auch die viel Wärme erzeugende NF-Endstufe untergebracht war. Historisch ist interessant, dass sich die Autoradiohersteller sehr früh für Germaniumleistungstransistoren interessierten. Anwendung sollten Zershacker und die leistungsfressenden NF-Endstufen sein. Ein genervter Radiohersteller, und zwar *Galvin Manufacturing*, beschloss kurzerhand, die nötigen Leistungstransistoren selbst zu entwickeln. Daraus wurden *Motrola* und die heutigen Abspaltungen *Free-scale* sowie *ON Semiconductor*.

■ Schaltungsmäßige Randbedingungen

Der elektronische Zershacker ist unter drei Voraussetzungen als Ersatz verwendbar:

- Die Speisespannung liegt bei 12 V.
- Die positive Speisespannung liegt am gemeinsamen Blattfederkontakt des Zershackerrelais (Stift 2 im Beispiel).
- Es ist keine Schaltung mit Gleichrichtung per Umschalter, notfalls sind die Kontakte durch zwei Siliziumdioden zu ersetzen.

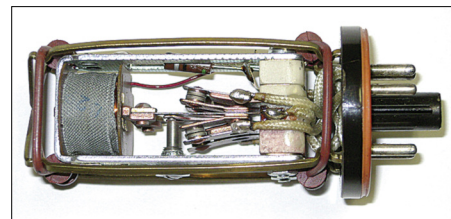


Bild 2: Geöffnete Zershackerpatrone C600 von KACO; gut erkennbar sind die Blattfeder mit dem Gewicht und die Umschaltkontakte am unteren Ende.

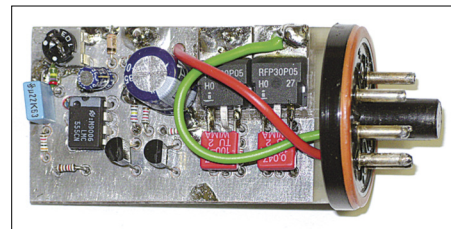


Bild 3: Der elektronische Zershacker lässt sich auf den aus einer defekten Zershackerpatrone gewonnenen Sockel löten und so bequem in die Schaltung einstecken.

■ Die Lösung

Die Umschalterkontakte des Zershackers elektronisch nachzubilden, stellt bei Spannungen von maximal 30 V und Strömen um 3 A keine besondere Herausforderung dar. Am einfachsten geht es mit zwei P-Kanal-Leistungs-MOSFETs. Im Prototyp waren es zwei vorhandene Harris/Intersil RFP30P05 mit einem maximalen Drainstrom von 30 A und einer Source-Drain-Spannung bis 50 V, die z. B. bei Digikey (www.digikey.de) erhältlich sind. Wichtig war nicht die Strombelastbarkeit, sondern der geringe Einschaltwiderstand von unter 100 mΩ, der einem mechanischen Kontakt nahekommt. *International Rectifier*, *ST Microelectronics* und *Vishay* haben ebenfalls ein breites Angebot an P-Kanal-MOSFETs.

Die nächste Frage betraf die Ansteuerung: Die Gedanken kreisten um spezielle Schaltnetzteil-ICs wie den LT1525/26. Sogar eine voll-digitale Variante mit einem Mikrocontroller wurde erwogen. Am Ende kam ich auf einen normalen CMOS-Timer (LMC555 oder ICM7555) mit zwei Treibertransistoren im Differenzverstärker, dessen Schaltplan Bild 5 zeigt. Der LMC555 liefert eine symmetrische Rechteckspan-

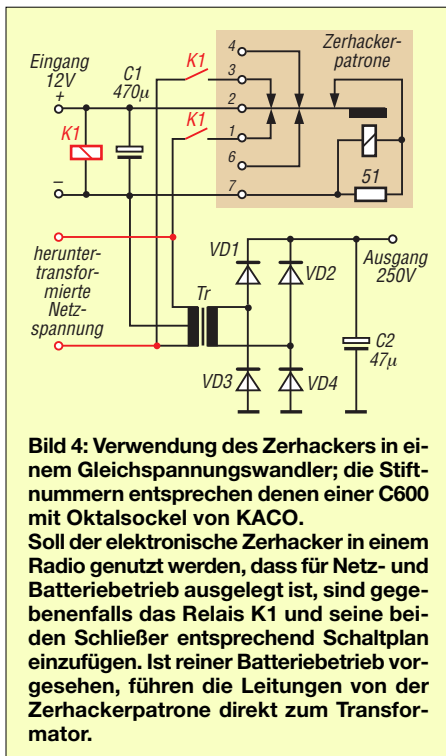


Bild 4: Verwendung des Zerkhacker in einem Gleichspannungswandler; die Stiftnummern entsprechen denen einer C600 mit Oktalsockel von KACO. Soll der elektronische Zerkhacker in einem Radio genutzt werden, dass für Netz- und Batteriebetrieb ausgelegt ist, sind gegebenenfalls das Relais K1 und seine beiden Schließer entsprechend Schaltplan einzufügen. Ist reiner Batteriebetrieb vorgesehen, führen die Leitungen von der Zerkhackerpatrone direkt zum Transformator.

nung mit 115 Hz und der Differenzverstärker erzeugt daraus die gegenphasigen Ansteuersignale von 8 V für die MOSFETs. Die Dioden-Widerstand-Kombinationen sorgen für ein leicht verzögertes Einschalten der Leistungstransistoren und ein schnelleres Abschalten, damit keine Überlappungsströme durch den Transformator fließen.

Der erste Test im *Radione R9* überraschte: – Die Stromaufnahme war geringer als mit dem vorhandenen Zerkhacker, die erzeugte Anodenspannung deutlich höher. – Der Transformator machte nervende sägende Geräusche. – Die Einschaltströme in den beiden Transformatorwicklungen unterschieden sich deutlich (2 A zu 3 A).

Offensichtlich waren die Einschaltzeiten der beiden Transformatorzweige nicht exakt gleich. Beim mechanischen Zerha-

cker machte sich anscheinend niemand Gedanken zur Stromsymmetrie, denn auch die mechanischen Modelle haben keine exakt gleichen Einschaltzeiten. Zur Einstellung der Stromsymmetrie wird in den zeitbestimmenden Kondensator C2 des LMC555 ein kleiner, einstellbarer Korrekturstrom eingespeist, den man mit dem Einstellwiderstand R2 festlegt. Dazu bedarf es keiner Stromzange, man stellt lediglich auf geringste Stromaufnahme oder geringstes Transformatorgeräusch ein.

Trotzdem sägte der Transformator noch zu laut. Ursache waren die gegenüber dem mechanischen Zerkhacker viel steileren Stromflanken. Hier half nur ein sanftes Einschalten der MOSFETs über große Kondensatoren parallel zur Gate-Source-Strecke mit 22 nF bis 47 nF. Die dadurch stark erhöhten Schaltverluste fallen bei der niedrigen Taktfrequenz nicht ins Gewicht. Die Bauteile wurden, wie in Bild 3 zu sehen, auf einer kleinen Lötpunktraster-Platine untergebracht, die auf den Fuß eines alten Zerkhackerrelais gelötet ist. Damit entsteht eine pinkompatible Ersatzlösung. Die beiden Leistungstransistoren benötigen keine Kühlung, sie werden nur leicht warm. Trotz des offenen Aufbaus erzeugt der Zerkhacker keine Störungen im Empfangsteil. Wer es historisch exakt will, kann den Aluminiumbecher des alten Zerkhacker darüberschieben.

Einige Radios, wie das *Radione R9*, sind für Netz- und Batteriebetrieb vorgesehen. Der Zerkhackertransformator fungiert dann auch als Netztransformator. Da die Entwickler davon ausgingen, dass im Ruhezustand alle Kontakte des elektromechanischen Zerkhacker offen sind, liegt die heruntertransformierte Netzspannung im Netzbetrieb am Zerkhacker an. Bei einer solchen Anwendung muss man die offenen Kontakte mit einem separaten Relais nachbilden, dessen Kontakte (Schließer) in die Leitungen zum Transformator einzufügen sind, siehe Bild 4.

Bei Netzbetrieb ist das Relais K1 im Ruhezustand (abgefallen) und die beiden Drain-Anschlüsse der MOSFETs sind von Transformator abgetrennt. Fehlt diese Schaltungsergänzung, würde anderfalls Strom über die internen Schutzdioden der MOSFETs fließen, die entstehende Speisespannung den Zerkhacker starten und der Zerkhacker somit gegen die Netzspannung arbeiten.

■ Inbetriebnahme

Zur Überprüfung der Funktion ist an die Stifte 2 (Plus) und 7 (Minus) eine Spannungsquelle von 10 V bis 15 V anzuschließen – die Stromaufnahme liegt bei rund 30 mA. Am Ausgang des LMC555 ist eine Rechteckspannung mit einer Frequenz von rund 115 Hz und 50 % Tastverhältnis zu messen. Beim Drehen am Einstellwiderstand sollte sich das Tastverhältnis ändern. Anschließend sind zwei mit mindestens 10 W belastbare Drahtwiderstände von den Stiften 1 und 3 zum Stift 7 anzuschließen.

Mit dem Oszilloskop lässt sich überprüfen, ob beide Leistungstransistoren bis zur positiven Betriebsspannung durchschalten – die Schaltflanken sind absichtlich verschliffen. Zum Abschluss wird der Ersatzzerkhacker ins Gerät eingesetzt und der Einstellwiderstand auf minimale Stromaufnahme oder geringstes Transformatorgeräusch eingestellt. Änderungen an der Geräteschaltung sind nicht nötig, alle Funkenlöschglieder und Entstörbauteile bleiben an ihrem Platz.

■ Ergebnisse und Ideen

Zwei alte, mühsam nachjustierte *KACO*-Zerkhacker erreichten lediglich eine Anodenspannung von 190 V und 220 V. Im *Radione R9* erbrachte der elektronische Zerkhacker 260 V – etwas mehr als die erwarteten 250 V. Zugleich war die Stromaufnahme mit 3 A bei 12 V deutlich geringer und entsprach der Leistungsangabe von 36 W in der Anleitung. Störungen im Empfänger sind nicht zu beobachten, obwohl sich der Zerkhacker auf dem Hauptchassis des Empfängers befindet. Nur das Transformatorgeräusch ist noch wahrnehmbar, aber mit dem Geräusch eines mechanischen Zerkhacker vergleichbar. Die Grundschaltung ist auch für niedrigere Betriebsspannungen geeignet, denn der LMC555 arbeitet noch mit 3 V. Allerdings sind dann bipolare Leistungstransistoren zu verwenden, denn es gibt keine P-Kanal-MOSFETs mit niedriger Gate-Schwelspannung. Bei N-Kanal-Typen findet man sogenannte Logic-Level-MOSFETs, die mit 2 V sicher einschalten. Ein Hilfsspannungswandler wäre denkbar, erhöht aber den Aufwand.

jirmann@hs-coburg.de

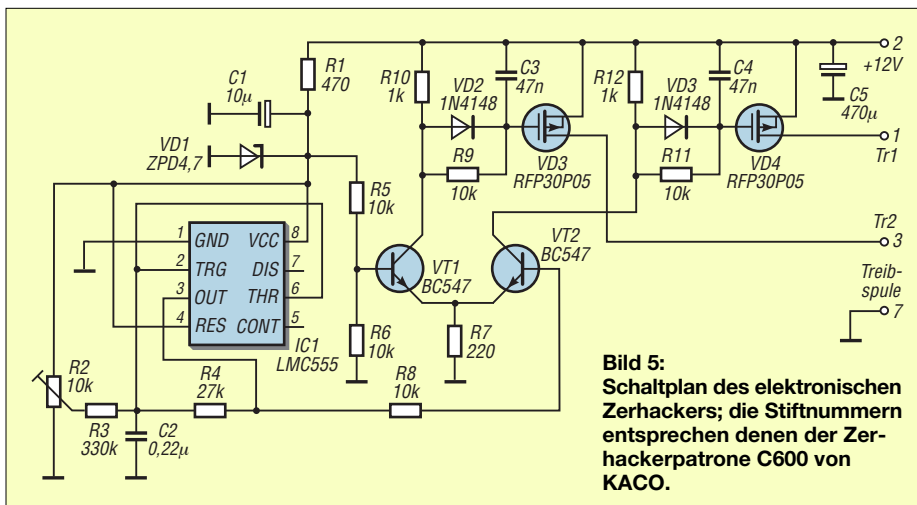


Bild 5: Schaltplan des elektronischen Zerkhacker; die Stiftnummern entsprechen denen der Zerkhackerpatrone C600 von KACO.