

# EMV-gerechte Abblockung von Festspannungsreglern

Prof. C. Dirks und Dipl.-Ing. U. Margieh

**Wie Standard-Festspannungsregler als EMV-Filter „aufgerüstet“ werden können beschreibt der vorliegende Artikel. Hierdurch lassen sich Netzstörungen besonders einfach reduzieren.**

Die neuen gesetzlichen Regelungen im EMV-Bereich stellen die Hersteller elektronischer Geräte vor erhebliche Anforderungen. Will man die Probleme einigermaßen kostenneutral für die Seriengeräte lösen, dürfen nicht zu viele zusätzliche Komponenten eingebaut werden.

Man kann jedoch auch bereits vorhandene Baugruppen, die eigentlich nicht zur Lösung von EMV-Problemen gedacht waren, so umrüsten, daß sie zusätzlich auch der Verbesserung der EMV des Gerätes dienen. Wenn man dies geschickt macht, lassen sich erhebliche Kosten einsparen. Man tut gut daran, bei allen Neuentwicklungen solche Maßnahmen schon vorbeugend einzubauen, denn billiger kann man EMV-Maßnahmen gar nicht vornehmen.

Am Beispiel einer „EMV-Aufrüstung“ einfacher Festspannungsregler soll gezeigt werden, wie solche Maßnahmen aussehen können.

Neben der reinen Gleichstromfunktion eines solchen Reglers, nämlich der Spannungsstabilisierung, stellt er im Zusammenhang mit den zugeschalteten Abblock-Kondensatoren immer auch einen Tiefpaß dar. Dieser kann zur Unterdrückung von

Störungen vielfältiger Art genutzt werden. Man erhält so auf den betreffenden Leiterplatten eine für die Verbesserung der EMV wirksame Baugruppe, die selbst bei hohem Effekt kaum zusätzliche Kosten verursacht.

In diesem Tiefpaß stellen der Festspannungsregler den Längszweig und die Abblockkondensatoren die Querzweige dar. Damit die Dämpfung, die der Tiefpaß den Störsignalen entgegenstellt, möglichst groß wird, muß der Längszweig möglichst hochohmig und jeder Querzweig möglichst niederohmig sein. Durch die Wahl des Festspannungsreglers sind die Eigenschaften des Längszweiges vorgegeben. Deshalb soll zunächst das Verhalten solcher Regler aus der Serie 78\*\* untersucht werden.

Ein wesentlicher Gesichtspunkt, der in diesem Zusammenhang auftaucht, ist die Frage nach der Bandbreite, die der Gesamtaufbau haben soll. Eine Untersuchung gängiger Logikfamilien zeigt auf, daß die Störspektren, die diese Bauteile erzeugen, zumindest mehrere hundert MHz umfassen. Will man also mit der EMV „ganze Sache“ machen und auch solche unangenehme Effekte, wie etwa Abstrahlung von VHF-Störungen aus Zuleitungen, un-

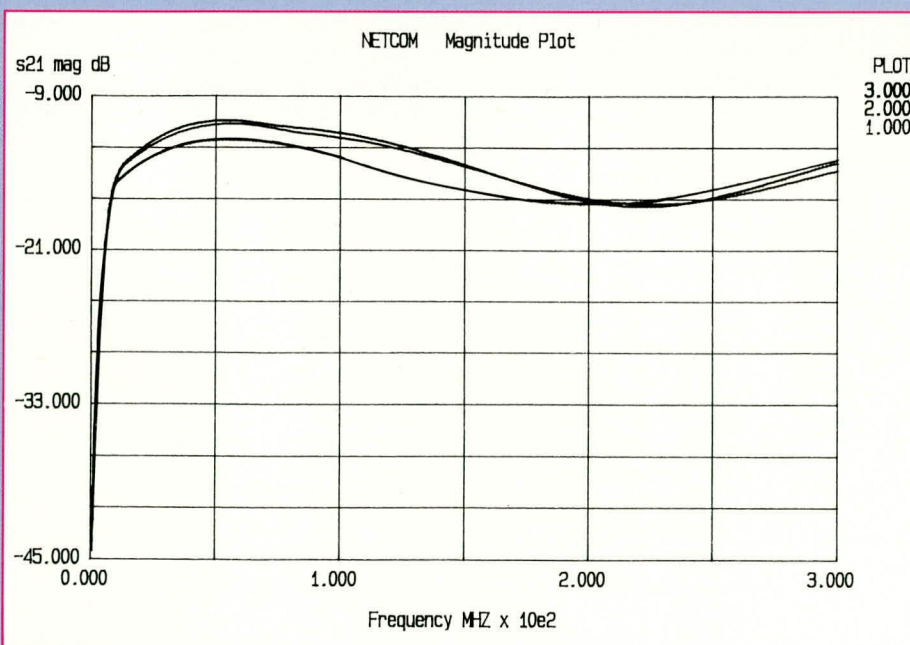
terbinden, dann müssen die betreffenden Filter ebenfalls eine Bandbreite von mehreren 100 MHz haben.

Abbildung 26 zeigt den Dämpfungsverlauf von Festspannungsreglern der Serie 78\*\* im Bereich bis 300 MHz. Die Messung wurde mit 50  $\Omega$  Quellenimpedanz und 50  $\Omega$  Lastimpedanz ohne Entkoppelungskondensatoren auf einem HP8753C Network-Analyzator mit HP85046 S-Parameter-Test-Set vorgenommen. Die dargestellten drei Kurven gehören zu den Reglern 7805, 7812 und 7815. Innerhalb der Serie gibt es keine signifikanten Unterschiede. Man findet im wesentlichen die gleichen Verläufe. Wirklich hohe Dämpfungen liegen leider nur für sehr niedrige Frequenzen vor. Von etwa 10 MHz bis 300 MHz liegen die Werte nur noch bei ungefähr 10 bis 15 dB, was auf keinen Fall ausreicht.

Man kann den Dämpfungsverlauf durch Einfügen von Abblockkondensatoren wesentlich verbessern. Bild 27 zeigt einen solchen Fall: Hier wurden im Eingang und im Ausgang eines 7805 jeweils ein Kondensator von 47 nF und 47  $\mu$ F gegen Masse geschaltet, wie dies heute weit verbreitet in zumindest ähnlicher Weise geschieht.

Bei niedrigen Frequenzen zeigt sich ein erheblicher Effekt: Bis 75 MHz werden immerhin Dämpfungen von besser als 50 dB eingehalten. Ab 120 MHz sind es allerdings nur noch 30 dB, so daß keine wirklich breitbandige Filterung erreicht wurde. Die Ursache für diesen Dämpfungsverlauf liegt in der Serienresonanz der 47 nF-Kondensatoren. Man erkennt sie als ausgeprägtes Dämpfungsmaximum (-95 dB) bei ca. 8 MHz. Oberhalb dieser Frequenz sind die Kondensatoren induktiv, und so geht mit wachsender Frequenz die Dämpfung bald verloren.

Da der Längszweig unseres „EMV-Filters“ mit dem 7805 gegeben ist, können nur die Querzweige aufgerüstet werden. Hierbei ist die Zielsetzung, daß die Querzweige über den gesamten Frequenzbereich niederohmig bleiben. Dies kann durch Parallelschaltung von Kondensatoren unterschiedlicher Kapazitäten erreicht werden. Man muß sie als Serienresonanzkreise auffassen, in denen sowohl ein Verlustwider-



**Bild 26: Dämpfungsverlauf von Festspannungsreglern der Serie 78\*\* im Bereich bis 300 MHz**

**Bild 27: Dämpfungsverlauf eines Festspannungsreglers mit Standard-Abblockkondensatoren**

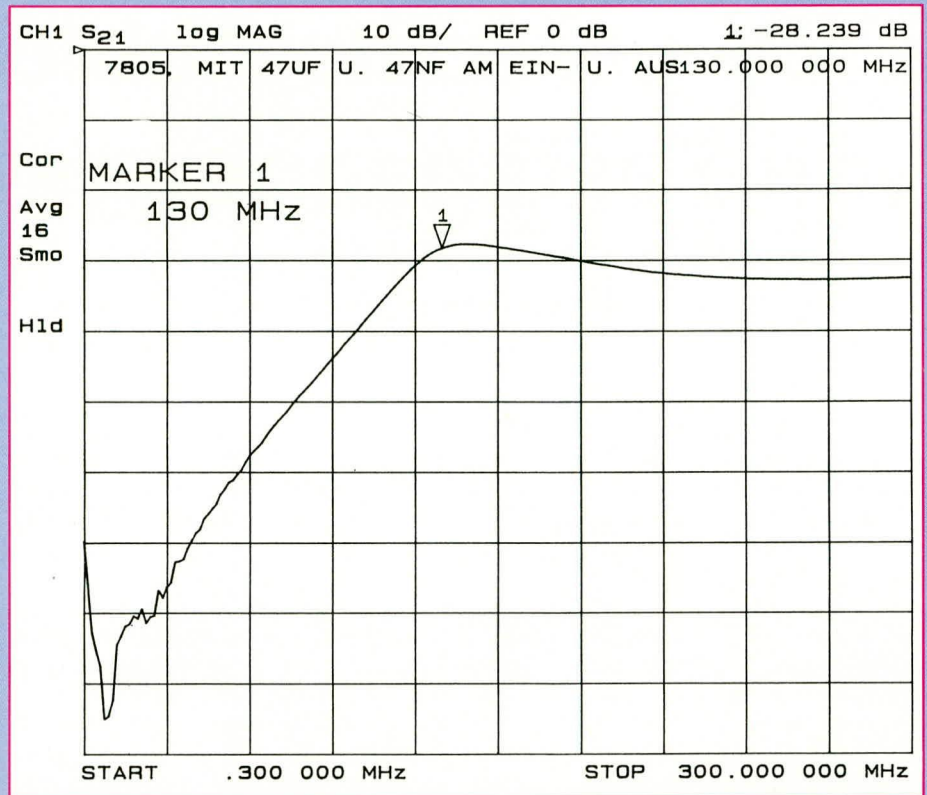
stand als auch eine parasitäre Induktivität zu berücksichtigen sind.

Abbildung 28 zeigt den Verlauf des Betrages der Impedanz von zwei verschiedenen Kondensatoren. Links im Bild sieht man den Verlauf eines keramischen Kondensators mit 100 nF und rechts den eines 1 nF-Kondensators.

Beginnend bei niedrigen Frequenzen fallen die Kurven zunächst ab. In diesen Abschnitten sind die Kondensatoren kapazitiv. Das jeweilige Minimum wird in der Serienresonanz erreicht. Sie liegt für den 100 nF-Kondensator bei etwa 7 MHz. Der 1 nF-Kondensator erreicht sie bei etwa 70 MHz. In diesen Punkten sind die Kondensatoren rein ohmsch. Bei Frequenzen oberhalb der Serienresonanzen steigen die Kurven monoton an: Die Kondensatoren sind induktiv geworden.

Wenn man zwei Kondensatoren parallel schaltet, wird ein Punkt in den Impedanzverläufen besonders kritisch: Es ist der Schnittpunkt der beiden Kurven in Bild 28. An dieser Stelle (50 MHz) haben die Impedanzen der beiden Kondensatoren den gleichen Betrag. Der größere Kondensator liegt aber bereits oberhalb seiner Serienresonanz und ist somit induktiv. Der kleinere Kondensator ist noch kapazitiv. Daher erreicht die Parallelschaltung der beiden an dieser Stelle eine Parallelresonanz.

Den Impedanzverlauf dieser Parallelschaltung beider Kondensatoren zeigt Bild 29. Man erkennt deutlich die Resonanzüberhöhung bei 50 MHz. In der Umgebung dieser Frequenz taugt die Parallelschaltung der beiden Kondensatoren natürlich nicht als Abblockung; sie ist zu hochohmig. Hier liegt nun in der Tat das Problem,

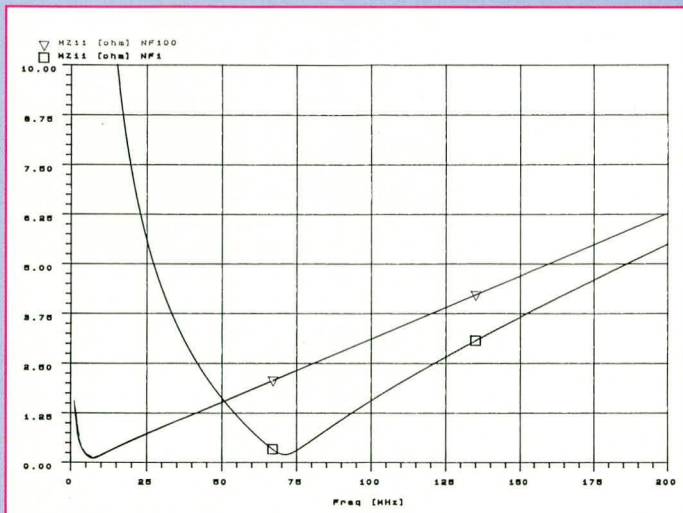


das beim Zusammenschalten verschiedener Kondensatoren immer wieder zum Versagen von Entkopplungen geführt hat. Die Parallelresonanzen solcher Aufbauten führen zu Lücken im Frequenzbereich, in denen die Entkopplung wirkungslos wird.

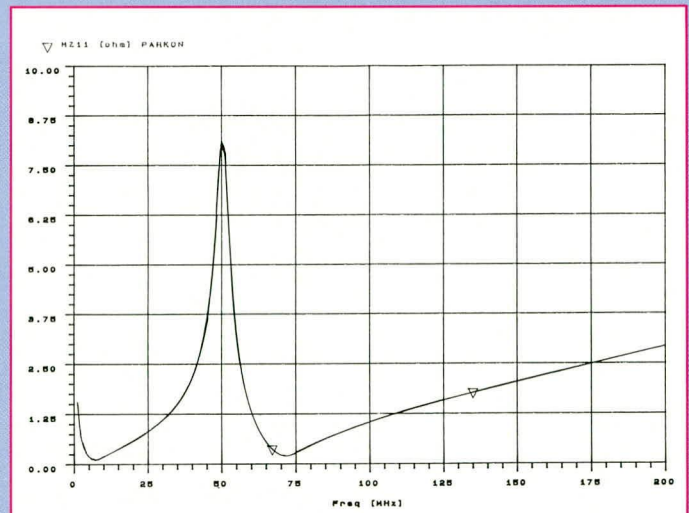
Die Vorgehensweise zur Unterdrückung solcher Parallelresonanzen ist ausführlich in Lit. 1 und Lit. 2 beschrieben. Die korrekte Berechnung solcher Kondensatorgruppen, die frei von schädlichen Resonanzüberhöhungen des Impedanzverlaufes sind, erfolgt zweckmäßig mit dem Programm SILENT. Das Abschätzen der erforderlichen Kapazitätswerte ist nicht möglich, da Fehler hierbei im Quadrat in die Resonanzüberhöhung eingehen (siehe auch hierzu Lit. 1 und 2).

Man kann solche Kondensatorgruppen auch mit dem Programm SUPERCOMPACT berechnen. Hierbei muß man aber meist mehrere interaktive Optimierungen durchführen, was nur sinnvoll erscheint, wenn der Benutzer bereits in das Programm eingearbeitet ist.

Für den Ausbau des 7805 zum Breitband-EMV-Filter soll eine mit SILENT errechnete Kondensatorgruppe verwendet werden. Sie entkoppelt einen Leiterbahnflecken von 5 x 5 mm auf einer 1,5 mm dicken Epoxyd-Glasfaser-Platine bis 300 MHz. Sie besteht aus fünf SMD-Kondensatoren mit den Werten: 220 pF, 470 pF, 1,2 nF, 15 nF und 1,5 µF. Im Eingang und im Ausgang des 7805 wird je eine Kondensatorgruppe angeschlossen. Die Konstruk-



**Bild 28: Impedanzverlauf eines 1 nF- und eines 100 nF-Keramik-Kondensators**



**Bild 29: Impedanzverlauf der Parallelschaltung eines 1 nF- und eines 100 nF-Keramik-Kondensators**

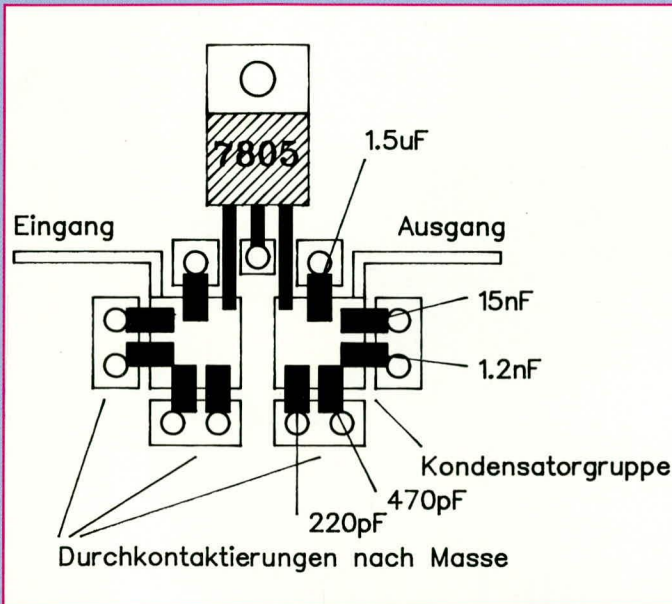


Bild 30: 7805 als Breitband-EMV-Filter

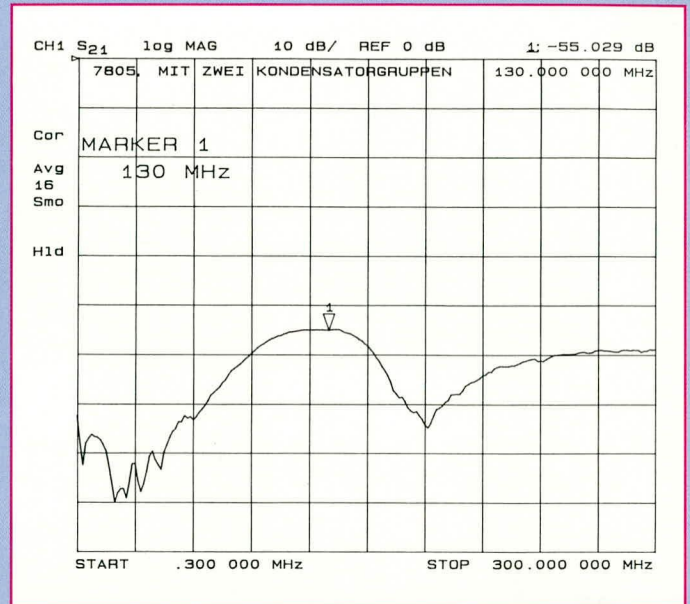


Bild 31: Dämpfungsverlauf des 7805-EMV-Filters

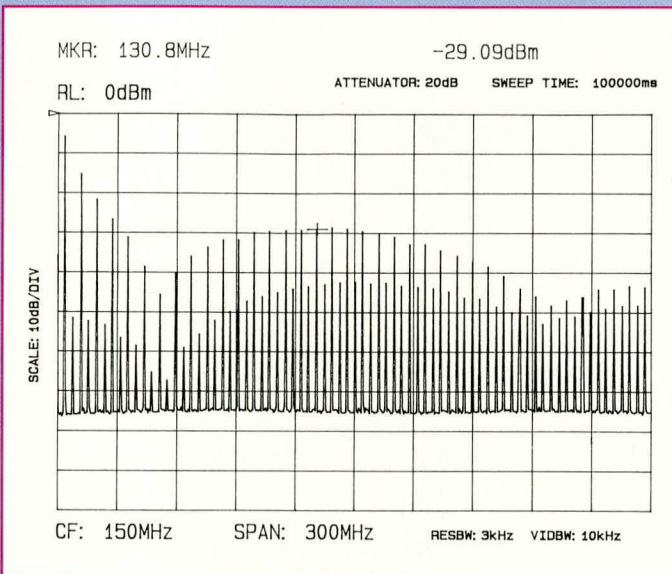


Bild 32: Breitbandiges Störspektrum am Eingang des Spannungsreglers

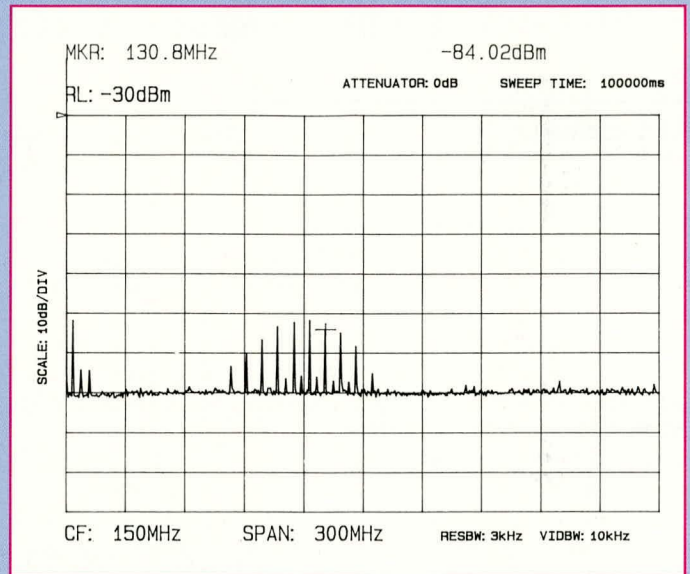


Bild 33: Spektrum am Ausgang des zum Breitband-Filter aufgerüsteten 7805-Spannungsreglers

tion auf der Leiterplatte zeigt Bild 30. Zu beachten ist, daß sich zumindest unter der gesamten Konstruktion eine Massefläche befindet.

Der Dämpfungsverlauf für diese Konstruktion ist bis 300 MHz in Bild 31 dargestellt. Die geringste Dämpfung liegt bei 130 MHz mit immerhin noch 55 dB vor. Im übrigen Bereich werden etwa 60 dB erreicht oder übertroffen. Von 300 kHz bis 60 MHz liegt die Dämpfung durchweg besser als 70 dB. Dies alles sind Werte, die sonst nur von relativ teuren EMV-Filtern erreicht werden. Man erhält sie bei dieser Konstruktion mit lediglich ein paar korrekt ausgesuchten Kondensatoren.

Zum Schluß soll die Wirkung des EMV-Filters mit dem 7805 anhand der Unterdrückung eines breitbandigen Störspektrums gezeigt werden. Das Spektrum ist in

Abbildung 32 gezeigt. Es ist wesentlich breitbandiger als 300 MHz. Hierdurch wird erreicht, daß die Unterschiede in den Amplituden der einzelnen Spektrallinien bis 300 MHz nicht allzu groß sind.

Abbildung 33 zeigt im Vergleich das Spektrum, aber im Ausgang des 7805-EMV-Filters. Man beachte, daß diese Darstellung die Referenzlinie (obere Grenze des Diagramms) um 30 dB niedriger angesetzt hat als die Darstellung des Originalspektrums. Der Marker sitzt jeweils auf der Frequenz 130,8 MHz, also in dem Bereich, wo die Dämpfung des EMV-Filters am niedrigsten ist. Im Originalspektrum ist der Pegel der betrachteten Linie bei -29 dBm, am Filterausgang nur noch bei -84 dBm. Die Differenz ist 55 dB, genau der Wert, den die Messung der Dämpfung ebenfalls ergeben hätte.

Die vorstehenden Ausführungen belegen in eindrucksvoller Weise, wie mit wenigen, zusätzlichen, platzsparenden und vor allem preisgünstigen Komponenten wirksame Maßnahmen zur EMV durchführbar sind.

ELV

#### Literatur:

- 1) Dirks, C., Margieh, U.: Breitbandige Entkopplung von Versorgungsspannungen auf Leiterplatten Elektronik, 20/92 S. 94 ff.
- 2) Dirks, C., Margieh, U.: Breitbandige Entkopplung von Versorgungsspannungsflächen auf Leiterplatten Elektronik, 17/93
- 3) Dirks, C.: Hochfrequenz-CAD-Programme Hüting Verlag, 1989 (Vergriffen; Einzel Exemplare bei Verfasser erhältlich; Fax: 0771/5574)
- 4) Cooperstein, B.: EMC-Design Techniques for Printed Circuit Boards RF-Design, Jun. 91, S. 53ff
- 5) Durcansky: EMV-gerechtes Gerätedesign Franzis Verlag München 1991
- 6) Seminar: „EMV-gerechter Entwurf der Entkopplung von Versorgungsspannungen auf Leiterplatten“ Rohde & Schwarz Trainingszentrum München, Tel.: 089/4129-3051
- 7) Dirks, C.: HF-Kondensatoren auf dem CAD-Prüfstand Elektronik 8/1989