

III Anwendungen

Gegenkopplungs-induktivität

Stromschleife

Mit den Parametern aus Abbildung 3.8 ist

$$U_m = Z_{\text{sink}} \cdot C_m \cdot \frac{dU_{\text{source}}}{dt} \tag{3.3}$$
$$U_m = 90 \, \Omega \cdot 0,1 \, \text{pF} \cdot \frac{3,3 \, \text{V}}{0,8 \, \text{ns}} = 0,037 \, \text{V} \text{ [91 } \mu\text{BV]}$$

Es werden 37 mV vom Primärstromkreis in den Sekundärstromkreis gekoppelt. Für die Funktionalität der Schaltung ist das sicherlich ein unbedeutender Wert, für EMV-Belange ist die eingekoppelte Spannung jedoch zu hoch. In vielen Fällen reduziert der dem Ferrit nachgeschaltete Kondensator die Spannung, deshalb macht sich die Kopplung nicht so drastisch bemerkbar wie in obigem Beispiel (siehe Kapitel I/3.4.1 Massebezug des Filters/Schwachpunkte von Filterbezugsmassen).

Gegenkopplungsinduktivität entsteht überall dort, wo zwei stromführende Kreise in einem gewissen Abstand zueinander angeordnet sind. Der Strom des einen Kreises erzeugt ein Magnetfeld und dieses Magnetfeld beeinflusst den anderen Stromkreis. So beeinflussen sich beide Stromkreise, woher auch in diesem Falle, wie bei der Gegenkopplungskapazität der Einfluss mit zunehmenden Abstand der beiden Stromkreise zueinander stark abnimmt. Die Gegenkopplungsinduktivität L_m koppelt eine Spannung vom Primärstromkreis in den Sekundärstromkreis. Die Größe der Spannung ist abhängig vom Strom des Primärstromkreises, dessen Anstiegszeit und der Gegenkopplungsinduktivität. Damit gilt:

$$U_m = L_m \cdot \frac{di_{\text{primary}}}{dt} \tag{3.4}$$

Platzieren wir zwei ungeschirmte Induktivitäten in 0,5 mm Abstand parallel zueinander (die SMD-Bauelemente haben 0603er-Baugröße). Damit ergibt sich die Stromschleife nach Abbildung 3.9.

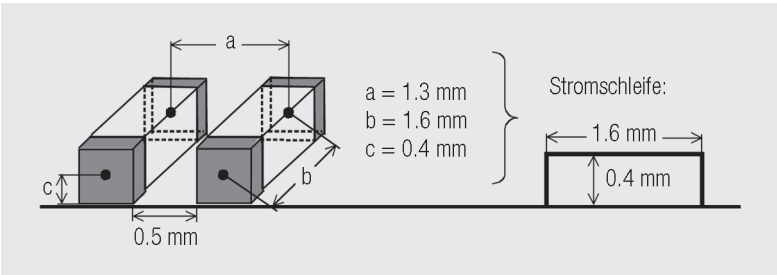


Abb. 3.9: Induktive Kopplung zwischen zwei Bauelementen

Die Gegenkopplungsinduktivität L_m berechnet sich mit

$$L_m = \frac{2,0 \cdot A^2}{a^3} = \frac{2,0 \cdot (0,4 \text{ mm} \cdot 1,6 \text{ mm})^2}{(1,3 \text{ mm})^3} = 0,37 \text{ nH} \quad (3.5)$$

Die induzierte Spannung berechnet sich dann mit

$$U_m = 0,37 \text{ nH} \cdot \frac{di_{\text{primary}}}{dt} \quad (3.6)$$

Der zu berücksichtigende Frequenzbereich ist nicht der, der im Sperrbereich des Filters liegt, vielmehr ist die Signalanstiegszeit des Nutzfrequenzbereiches zu berücksichtigen, da hier der höchste Strom fließt (Abbildung 3.10).

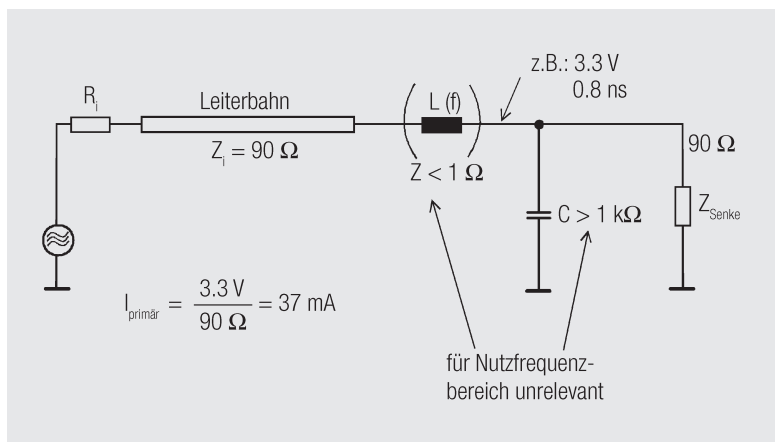


Abb. 3.10: Nutzsinalkreis zur Berechnung von di/dt

$$U_m = 0,37 \text{ nH} \cdot \frac{37 \text{ mA}}{0,8 \text{ ns}} = 17 \text{ mV} (85 \text{ dB}\mu\text{V}) \quad (3.7)$$

Es werden 17 mV vom Primärstromkreis in den Sekundärstromkreis gekoppelt. Die Spannung wird nicht wie im Falle der kapazitiven Gegenkopplung vom Kondensator reduziert, sondern tritt als Störspannung im Sekundärstromkreis auf und wird je nach Ausführung des Stromkreises Störemission erzeugen. Die Gegenkopplungsinduktivität nimmt jedoch mit der dritten Potenz der Entfernung der beiden Stromkreise ab, was zur Folge hat, dass ein Verdoppeln des Abstandes die Induktionsspannung um den Faktor 8 reduziert.

Die Distanz der Bauelemente und die Position zueinander hat einen wesentlichen Einfluss auf die Dämpfungseigenschaften des Filters.

induzierte Spannung

Störspannung im Sekundärstromkreis

III Anwendungen

Platzierung der Bauelemente

Leiterbahnführung Lagenaufbau

Das Platzierungsbeispiel in Abbildung 3.11 berücksichtigt die Kopplungseinflüsse, der Aufbau bezieht sich auf das Schaltbild in Abbildung 3.7.

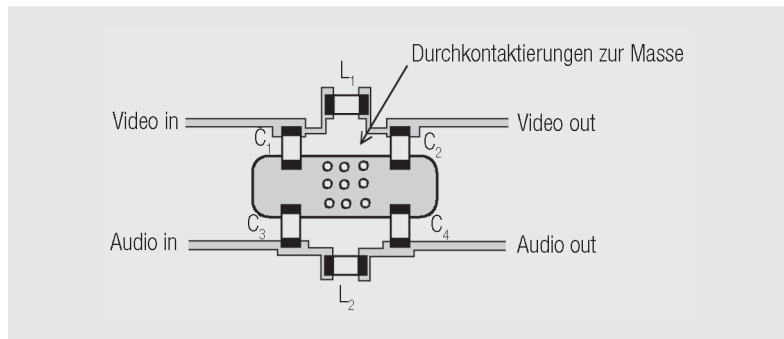


Abb. 3.11: Platzierung der Bauelemente des Filters nach Abbildung 3.35 unter Berücksichtigung der kapazitiven und induktiven Gegenkopplung

Der Aufbau nach Abbildung 3.11 erlaubt eine minimale kapazitive und induktive Gegenkopplung.

Der Kopplungseffekt gilt für magnetisch ungeschirmte Bauelemente wie z.B. die gewickelte SMD-Induktivität WE-GF oder die Keramik Induktivität WE-KI.

Die Induktivitäten WE-MI und die SMD-Ferrite WE-CBF sind magnetisch geschirmte Bauelemente, deshalb ist die magnetische Kopplung bei Einsatz dieser Bauelemente nicht zu befürchten

1.4 Leiterbahnführung und Lagenaufbau

In Abbildung 3.11 ist das Layout zweier Filter dargestellt. Die Platzierung der Bauelemente erlaubt hohe kapazitive und induktive Entkopplung. Die Leiterbahnführung und der Lagenaufbau sind wesentliche Eigenschaften für die Funktion des Filters im hochfrequenten Bereich. Sollen zwei verschiedene Signalfade wie z.B. Audio und Video am gleichen Massepotential wie in Abbildung 3.11 gefiltert werden, muss sichergestellt sein, dass der Massebezugspunkt besonders niederimpedant ist, damit sich über die Filterkondensatoren die Signale im Nutzfrequenzbereich nicht beeinflussen (Abbildung 3.12).

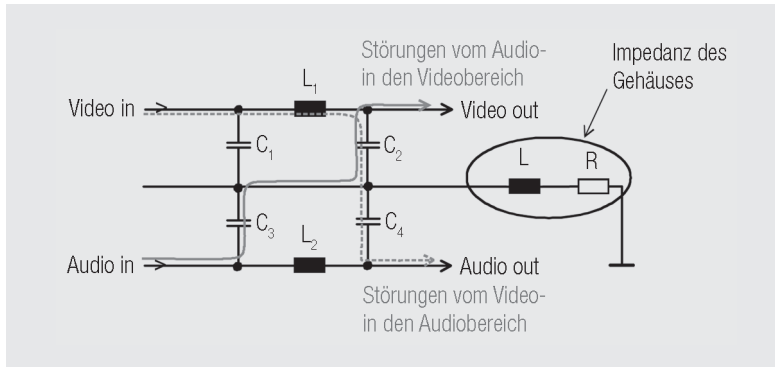


Abb. 3.12: Störeinkopplung wegen ungenügend niederimpedanten Massebezug

An solchen besonders kritischen Punkten sollte eine verschraubte Verbindung direkt zum Gehäuse hergestellt werden, wie in Abbildung 3.13 verdeutlicht ist. Die Leiterbahnführung im Signalpfadbereich sollte so gestaltet sein, dass der Primärpfad (Filtereingang) in einer Lage der Baugruppe und der Sekundärpfad (Filterausgang) in der anderen Lage der Baugruppe geführt ist. Um die Kondensatoren in dem Signalpfad möglichst niederinduktiv anzuschließen, muss die Leiterbahn zuerst zum Kondensator geführt werden und von dort zur Ferritdrossel. Zusätzliche Leiterbahninduktivitäten im seriellen Pfad wirken sich – wenn es nur einige mm sind – auf die Filtereigenschaften nicht nachteilig aus (Abbildung 3.13).

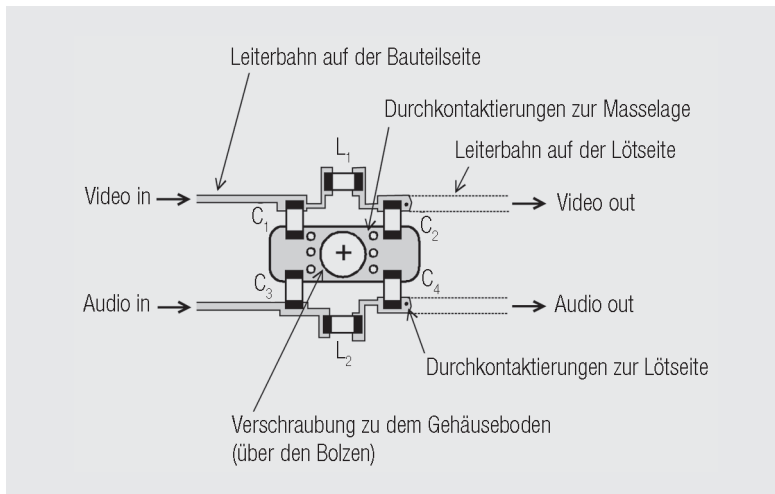


Abb. 3.13: Layout des Filters unter Berücksichtigung der Platzierung nach Abbildung 3.11

Im näheren Bereich des Filters sollten sich keine Kabel befinden, die kapazitive oder induktive Kopplungen bilden könnten. Sind aus technischen Gründen Kabel im Bereich der Leiter unumgänglich, müssen Abstandshalter oder besser noch metallische Schir-