

Designtipps zur Einhaltung der EMV mit Ferriten und Induktivitäten

Leitfaden für wirkungsvolle EMV-Maßnahmen und zur Auswahl von Induktivitäten und EMV-Ferriten

Induktivitäten und EMV-Ferrite sind für viele Entwickler ‚Kopfschmerzbauteile‘. Dies nicht zuletzt wegen der vielen Einzelparameter, die zum richtigen Einsatz dieser Bauteile zu beachten sind. Dieser Fachbeitrag zeigt den Unterschied zwischen EMV-Ferrit und Induktivität auf, gibt praktische Designtipps und Hinweise zur Bauteilauswahl.

B.01

EMV-Ferrite

Ferrite für EMV-Anwendungen basieren auf Nickel-Zink als Kernmaterial. Das besondere an dieser Materialzusammensetzung ist, dass hier ab ca. 50 MHz aufwärts der Verlustanteil R maßgeblich die Impedanz bestimmt. Damit liegt ein Filterelement vor, welches ohne Masseanbindung das Störspektrum absorbiert – sprich in Wärmeleistung umsetzt.

Dieses Verhalten ist für alle EMV-Ferrite gleich und kann durch geeignete Messverfahren

► Autor

Dipl.-Ing. ALEXANDER GERFER,
Würth Elektronik eiSos GmbH & Co KG;
Max-Eyth-Straße 1, D-74638 Waldenburg
Fon: +49/7942/945-0, Fax: +49/7942/945-400
E-Mail: alexander.gerfer@we-online.de

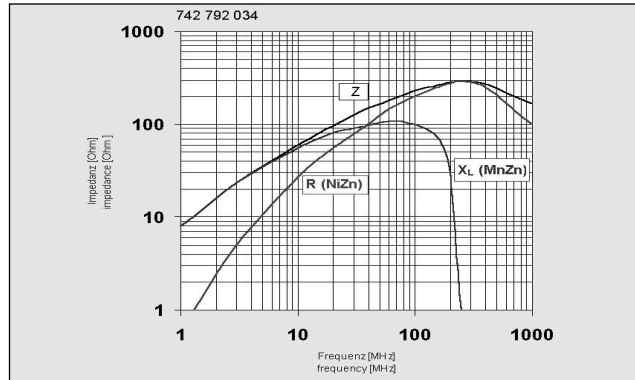


Abb. 1:
Impedanzkurve SMD-
Ferrit 742792034

in der sogenannten Impedanzkurve (Abb. 1) dargestellt werden.

Designtipp 1: Bei leitungsgebundenen Störungen oberhalb einiger 10 MHz NiZn-Entstörferite verwenden

Den Effekt des Absorbierens oder hoher Verluste im Arbeitsfrequenzbereich lässt sich durch die Güte Q beschreiben.

$$Q = \frac{X_L}{R} = \frac{2 \cdot \pi \cdot f \cdot L}{R} \quad (1)$$

Mit Luftspulen sind Güten bis zu 400 erreichbar (keine Verluste im Kernmaterial). Bei

Induktivitäten mit Ferritkern erreicht man Werte bis zu 150, bei SMD-Multilayer-Induktivitäten bis zu 60.

Über die Güte ist eine klare Unterscheidung zwischen EMV-Ferrit (Absorber) oder Induktivität (Bauteil geringer Verluste/ Energiespeicher) möglich (Abb.2). Im Frequenzbereich mit einer Güte unter 3, liegt das Entstörbauteil vor.

Die untere Kurve zeigt einen EMV-Ferrit, der in diesem Beispiel von 20 MHz bis weit über 1000 MHz absorbierend wirkt.

Die obere Kurve dagegen zeigt eine Induktivität, deren Kernmaterial so gewählt wurde, dass sie im Frequenzbereich von 20 MHz bis 200 MHz geringste Verluste aufweist, für z.B. HF-Empfangsstufen- hier soll das Eingangssignal ja möglichst unbedämpft den HF-Eingangsstärker erreichen.

Zur nachträglichen Entstörung auf Leitungen eignen sich besonders Klappferrite für Rundkabel oder Blockkerne für Flachbandleitungen. Für die Printmontage gibt es z.B. 6-Lochferritperlen (UKW-Entstördrossel), Hülsendrosseln oder Ferritbrücken. Um möglichst störungsnah eine Filtermaßnahme zu platzieren, eignen sich besonders SMD-Ferrite.

Entwurfsregeln

Die EMV beginnt stets mit dem Entwurf der Schaltung und dem EMV-gerechten Leiterplattenlayout. Zahlreiche Tipps, praktisch erprobte Schaltungen, Layout- und Bauteileempfehlungen finden sich dazu in [1].

Designtipp 2: Die Anstiegsgeschwindigkeit der Signale bestimmt das auftretende Störspektrum (Fourier !), (Daten, Spannungs- oder Stromanstiegsgeschwindigkeit bei schnellen Schaltern) => begrenzen oder störungsnah filtern !

Sind Störungen im System vorhanden, muss Ursachenforschung betrieben werden um die Quelle ausfindig zu machen. Dazu geeignete Hilfsmittel sind z.B. RF-Schmalbandempfänger mit Scan-Funktion, Spektrumanalysator mit RF-Sonde und natürlich das EMV-Labor.

Designtipp 3: Störquelle identifizieren, benötigte Einfügedämpfung messen und störungsnah filtern bzw. an potenziellen Störquellen schon im Design Filtermaßnahmen vorsehen!

Ideale Bauteile zur störungsnahen Filterung sind SMD-Ferrite: Diese können unmittelbar an z.B. IC-Pins positioniert werden. Daher sollten schon im Prototypenstadium entsprechende Löt-Pads für SMD-Ferrite vorgesehen werden. Insbesondere der breitbandigen Entkopplung der Versorgungsspannung sollte besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden. Denn hierüber sind alle Stufen eines Gerätes gemeinsam verbunden. Die typisch verwendeten 100-nF-Stützkondensatoren sind keine wirksame oder gar breitbandige HF-Entkopplung! Dies wird erst durch den Einsatz von EMV-Ferriten erreicht.

Welche Ferritimpedanz wird benötigt?

Sind die Störquelle und der Störpfad identifiziert sowie der Störpegel bestimmt, so ist die gewünschte Filterdämpfung bekannt (Abstand zur Grenzwertkurve).

Es muss nun die geeignete Ferritimpedanz Z_F gefunden werden, um den Störpegel entsprechend abzusenken. Dazu bedient man sich im ersten Schritt der Einfügedämpfung. Abbildung 3 zeigt das Ersatzschaltbild. Die Einfügedämpfung ist das Verhältnis der Störampplituden von unfiltertem zu mit Z_F gefiltertem System der Quell- und Senkeimpedanzen Z_A und Z_B .

$$A[dB] = 20 \log \frac{Z_A + Z_F + Z_B}{Z_A + Z_B} \quad (2)$$

Für das zu untersuchende Gerät oder die betreffende Schaltung muss abgeschätzt werden, auf welchem Impedanzniveau sich die Störung ausbreitet. Messtechnisch sind die Impedanzen im HF-Bereich von Quelle und Senke nicht mit einfachen Mitteln zu bestimmen. Von daher starten wir mit Erfahrungswerten:

Designtipp 4:

Impedanz von Störquelle und Störsecke abschätzen:

- ▶ Massestörungen: $Z_A = Z_B$: 1 Ω bis 10 Ω
- ▶ Versorgungsspannung (V_{CC}): $Z_A = Z_B$: 10 Ω 20 Ω
- ▶ Datenleitungen: $Z_A = Z_B$: 50 Ω bis über 100 Ω

und benötigte Impedanz des Ferrites ermitteln:

Das Nomogramm (Abb. 4) soll hier eine kleine Hilfestellung geben, um bei gesuchter Dämpfung auf eine entsprechende Ferritimpedanz zurückgreifen zu können.

Beispiel

gesuchte Einfügedämpfung = 8 dB, Systemimpedanz $Z_A = Z_B = 50 \Omega$ (z.B. Datenleitung) aus dem Nomogramm kann der Wert für den EMV-Ferrit abgelesen werden:

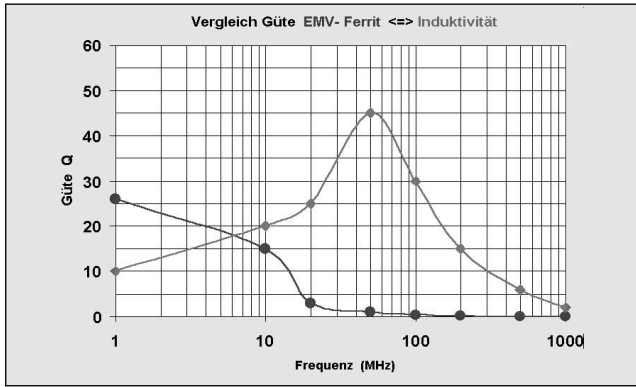


Abb. 2:
Vergleich Güte EMV-Ferrit versus Induktivität

Workbench' oder ,PSPICE'. Hierzu bieten sich Simulationsparameter an, wie sie in [1] zu finden sind.

Neben den SMD-Ferriten gibt es viele weitere Bauformen von EMV-Ferriten für Anwendung auf Kabeln und Leitungen. Die Vielfalt an Bauformen, Ausführungen und Größen erlaubt es, eine an das Kabel angepasste Entstörung zu finden. Gleichzeitig können durch Klappferrite schon gefertigte Geräte störfest gemacht werden – teure Redesigns und damit Verzögerungen in der Vermarktung von Geräten werden vermieden. Für alle nachträglichen Entstörungen auf Leitungen gilt:

B.01

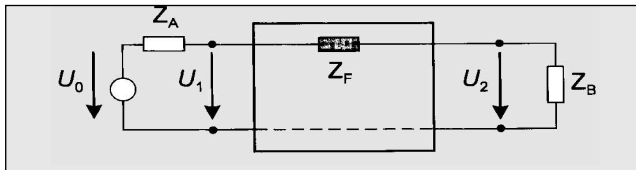


Abb. 3:
Ersatzschaltbild zur Einfügedämpfung

Designtipp 6:

- ▶ Kabelaußendurchmesser möglichst an Innendurchmesser Ferrit anpassen
- ▶ längere Ferrithülse => höhere Dämpfung
- ▶ größeres Kernvolumen => höhere Dämpfung

$Z_F \sim 180 \Omega$; gewählt: 220Ω (z.B. in Bauform 0603 Würth Elektronik eiSos Typ: 74279263: $220 \Omega, 0,3 \Omega R_{DC}; I_{max} = 500 \text{ mA}$)

=> bei Datenleitung prüfen der Signalqualität

- ▶ Einfügedämpfung nicht erreicht => das System ist im betreffenden Frequenzbereich ,hochohmig' - Abschätzen der Systemimpedanz mit Nomogramm (umgekehrter Weg!)
- => EMV-Ferrit mit mehr Impedanz einsetzen
- => ggf. Filterkondensator gegen Masse
- => bei Ferritringen/-hülsen oder Klappferrit: mehrere Windungen testen
- => Kopplungsart der Störung beachten!

Abblockkondensatoren für Vcc

Designtipp 7:

Abblockkondensatoren (C1/ C2) mit

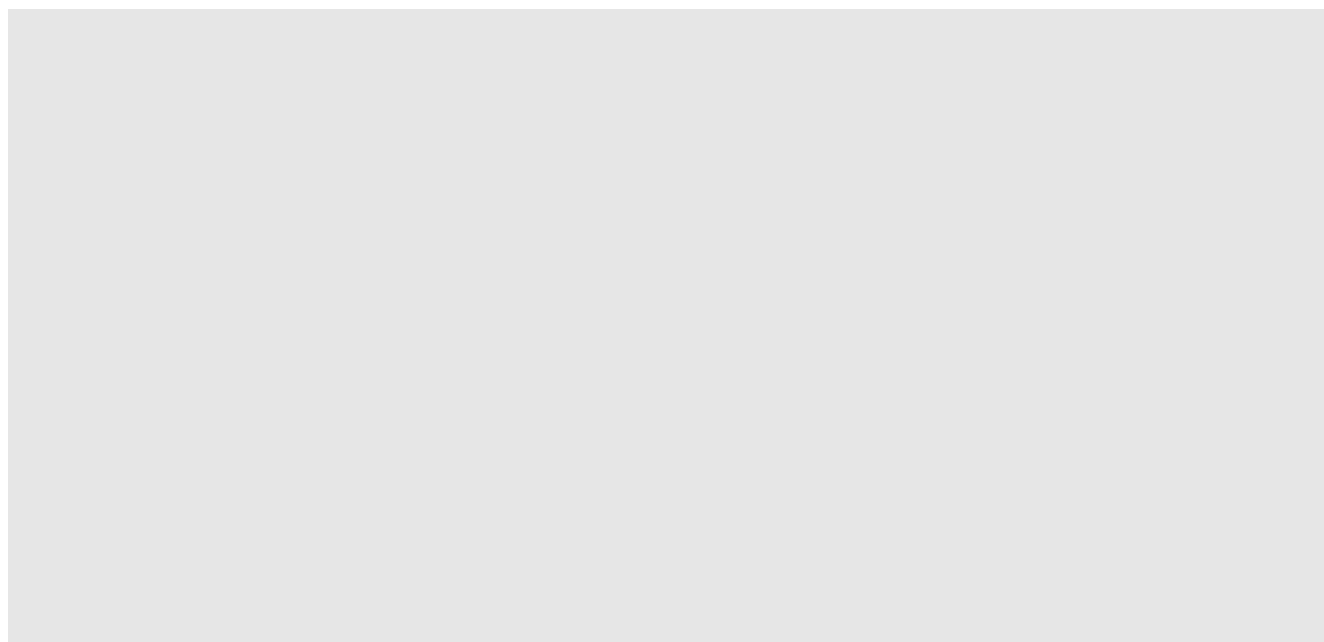
- ▶ möglichst hoher Eigenresonanzfrequenz verwenden
- ▶ möglichst in SMD-Bauform einsetzen, die parasitäre Induktivität bleibt dann im Bereich zwischen 1 bis 5 nH (bedrahtete Bauteile bis zu 10mal höher)
- ▶ möglichst kleinem Serienverlustwiderstand (ESR) einsetzen
- ▶ nur so groß vom Kapazitätswert her wählen, wie der tatsächliche Pulsstrom dI und der erlaubte Spannungseinbruch dV bei der vorhandenen Schaltzeit dt es erfordern (Bei-

Im Messlabor kann die Filterwirkung und damit Richtigkeit der Abschätzung der Systemimpedanz überprüft werden: Für den Test mit SMD-Ferriten ist ein entsprechendes Musterkit verfügbar – so kann bei der EMV-Messung die Schaltung vor Ort weiter optimiert werden. Die Messung im EMV-Labor kann folgende Ergebnisse bringen:

Designtipp 5:

- ▶ Einfügedämpfung erreicht => Annahme Systemimpedanz richtig

Ein weiteres Mittel, die Filterschaltung dimensionieren und abstimmen zu können, ist die Simulation mittels der Software ,Electronics



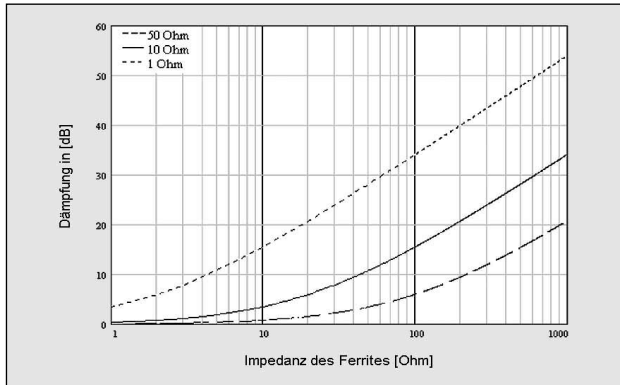


Abb. 4: Nomogramm Einfügedämpfung versus Ferritimpedanz mit $Z_A = Z_B = \text{konst.}$ Kurvenparameter: Impedanz des umgebenden Systems

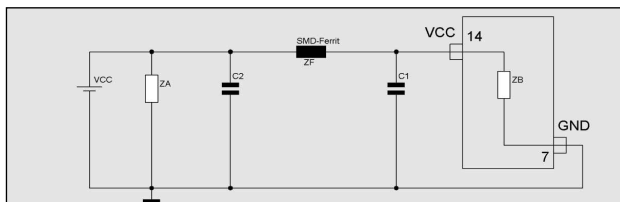


Abb. 5: Pi-Filter zur breitbandigen Vcc-Entkopplung

spiel: Erlaubter Spannungseinbruch $dV = 200 \text{ mV}$; Schaltgeschwindigkeit $dt = 5 \text{ ns}$; Pulsstrom $dI = 40 \text{ mA}$)

$$C = \frac{dI \cdot dt}{dV} = \frac{40 \text{ mA} \cdot 5 \text{ ns}}{200 \text{ mV}} = 1000 \text{ pF} \quad (3)$$

- Platzierung des Abblockkondensators derart, dass die Länge der Strecke VCC-Pin-Kondensator-Massepin minimal wird und möglichst großflächig und niederohmige Leiterbahnen
- Parallelschaltung von Kondensatoren unterschiedlicher Kapazitätswerte vermeiden, da dadurch weitere Polstellen und Eigenresonanzfrequenzen auftreten. Wenn eine Parallelschaltung verwendet wird, muss ein schwingfähiges System unterbunden werden (Absenken der Güte Q des Resonanzkreises auf Werte unter 2, z.B. durch SMD-Ferrite); ein Schaltungsvorschlag dazu zeigt Abb. 5

Zusammenfassung

Unter Beachtung der in diesem Beitrag genannten Designtipps wird die Bauteilwahl und das Filterschaltungsdesign vereinfacht. Die Kombination aus SMD-Ferriten und gezielt eingesetzten Entstörkondensatoren hilft die Forderung nach breitbandiger Entkopplung gerade auch im Versorgungsspannungsbereich gerecht zu werden.

Literatur

- [1] Gerfer, A.; Rall, B.; Zenkner, H.: Trilogie der Induktivitäten, 2. erweiterte Auflage, 2002, Swiridoff-Verlag, ISBN-3-934350-30-5

Beitrag als PDF im Internet:

