

Störunterdrückung mit EMV-Ferriten

Auswahl und Platzierung von SMD-Ferriten auf Leiterplatten

Dieser Artikel behandelt die Auswahl und Platzierung von SMD-Ferriten auf Leiterplatten, um eine effektive Unterdrückung elektromagnetischer Interferenz (EMI) zu erzielen. Darüber hinaus werden die typischen verwendeten Impedanzwerte und Nennstromstärken diskutiert sowie die Frage, warum ein Entwicklungsingenieur einen SMD-Ferrit an einer bestimmten Stelle des Schaltkreises benutzen würde. Weiterhin ist eine Betrachtung des beim Entwurf mit SMD-Ferriten auftretenden ‚Vormagnetisierungseffekts‘ (BIAS) enthalten, d.h. wie und warum es beim Stromfluss durch die Komponenten zu einer Impedanzänderung kommt.

Bei einer typischen Leiterplatte kann es aus vielerlei Gründen zu elektromagnetischer Interferenz kommen, z.B. durch Oberschwingungen von Taktgebern des Systems, Schaltstörgeräusche von eingebauten DC/DC-Wandlern und hochfrequente EMI durch schnelle Anstiegszeiten von schnellen Datensignalen. Tra-

► **Autoren**

ALAN KEENAN ist als Anwendungsingenieur bei Steward beschäftigt und für die Unterstützung des Kundenstammes in EMEA zuständig. Er besitzt einen Bachelors Degree für Elektrotechnik der Universität Strathclyde;
Ind. Park, Livingston, EH54, UK
Fon: +44/1506/414200
Fax: +44/1506/410694
E-Mail: akeenan@steward.com

RENE BLIEVERNICHT ist tätig im Vertrieb bei Globes Elektronik;
Gabriele-Münter-Straße 3
D-82110 Germering
Fon: +49/89/894606-25
Fax: +49/89/894606-20
E-Mail: rene@globes.de, www.globes.de

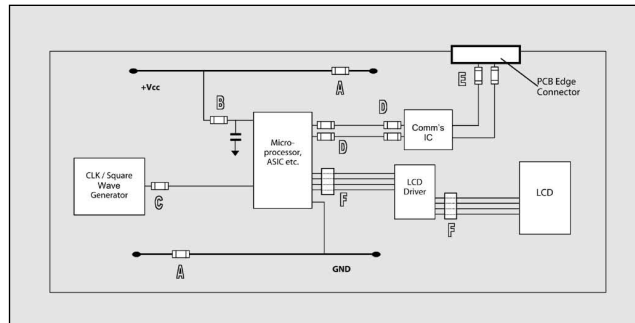


Abb. 1: Schematische Darstellung einer Leiterplatte mit Markierungen, die auf typische Positionen für die Platzierungen von Ferriten hinweisen. (A bis D: -SMD-Ferrit / Ferrite Chip-bead; F: 4-Leitungs-Ferrit / 4 Line Chip Array)

ditionell wurde zur Lösung dieser Probleme eine Vielzahl von Komponenten eingesetzt, beispielsweise Entkopplungskondensatoren und Reiheninduktivitäten. Allerdings kann schon die Verwendung dieser Komponenten selbst potenziell zu weiteren Problemen führen.

EMI-Unterdrückung mit Kondensatoren

Entscheidet sich der Entwickler für die Benutzung von Kondensatoren zur Vermeidung von EMI, greift er häufig auf die Shunt-Konfiguration zurück, um hochfrequente EMI zur Erde oder zu einer Masseplatte zu entkoppeln. Da diese hochfrequente EMI jedoch noch immer in der Erde oder der Masseplatte vorhanden ist, besteht die Möglichkeit, dass diese Energie auf die Leiterplatte zurück gekoppelt werden könnte und dadurch zu abgeleiteten oder abgestrahlten EMI-Störungen führt.

EMI-Unterdrückung mit Induktivitäten

Eine mit dem beabsichtigten Signal in Reihe geschaltete Induktivität wird häufig verwendet, um eine unerwünschte hochfrequente elektromagnetische Interferenz zu blockieren. Da die Induktionsspule dies jedoch mit Hilfe ihres induktiven Blindwiderstands erreicht, verhindert sie lediglich den Durchlass höherer Frequenzen.

Was geschieht nun mit diesen hochfrequenten EMI-Signalen?

Es ist zu erwarten, dass sie zwischen der EMI-Quelle und der Induktionsspule reflektiert und nicht absorbiert wird. Die Energie ist als in dem Schaltkreis weiterhin vorhanden und könnte dazu führen, dass solche abgeleiteten Störungen zu als Störquellen wirken. Es besteht die Gefahr, dass die emittierten elektromagnetischen Felder emittieren und in andere Bereiche des Schaltkreises einkoppeln.

Tabelle 1: Definition verwendeter Strom- und Impedanzbereiche beim Einsatz von Ferriten

Bezeichnung	Strom-/Impedanzbereich
Schwachstrom	bis zu 800 mA
Mittelstrom	bis zu 2,5 A
Starkstrom	bis zu 10 A
Niedrige Impedanz	7 Ohm bis 120 Ohm
Mittlere Impedanz	120 Ohm bis 400 Ohm
Hohe Impedanz	400 Ohm bis 2000 Ohm

EMI-Unterdrückung mit Ferriten

Die geschilderten Probleme treten nicht auf, wenn der Entwickler statt Induktivitäten und Kondensatoren SMD-Ferrite einsetzt. Diese Komponenten weisen eine dynamische Impedanz auf, die von der Frequenz des Signals abhängig ist.

Von seinem inneren Aufbau her handelt es sich bei dem verwendeten Ferritmaterial um ein verlustbehaftetes Ferrit, in dem sich magnetische Domänen ‚drehen‘, um sich in die gleiche Richtung wie das unerwünschte EMI-Signal auszurichten. Somit oszillieren die magnetischen Domänen des Ferrits bei hochfrequenter EMI mit der gleichen Frequenz und in die gleiche Richtung wie das EMI-Signal.

Dies führt innerhalb des Ferritmaterials zu Reibung, was Wärmeverluste in dem Ferrit zur Folge hat. Dadurch wird die elektromagnetische Energie der hochfrequenten EMI-Signale in Wärmeenergie umgewandelt. Sie sind somit nicht länger in dem Schaltkreis vorhanden und es kann nicht mehr zu einer Rückkopplung dieser Signale in den Schaltkreis kommen.

Applikationshinweise

Unter Berücksichtigung der Tatsache, dass Ferritprodukte für Leiterplattenkonfigurationen von 800 kHz bis über 5 GHz erhältlich sind, beschreibt der folgende Abschnitt, wo und aus welchem Grund man eine SMD-Ferrit an einem bestimmten Punkt des Schaltkreises verwenden würde.

Abbildung 1 zeigt schematisch einen typischen elektronischen Schaltkreis mit einem Mikroprozessor oder ASIC, einen Taktgeber zum Antrieb des Prozessors, ein Kommunikations-IC, einen LCD-Treiber und eine Flüssigkristallanzeige.

Die prädestinierten Stellen für eine Platzierung von SMD-Ferriten zur Unterdrückung abgeleiteter EMI-Signale sind in dem Schema mit Buchstaben markiert.

Im Folgenden werden diese Bereiche zusammen mit einer Beschreibung der typischerweise verwendeten Art von SMD-Ferrit (Impedanz, Nennstromstärke, usw.) sowie der Grund für die Wahl der Position näher beschrieben.

- A: Typischerweise Starkstrom- bis Mittelstrom-SMD-Ferrit (Tab. 1), niedrige bis mittlere Impedanz. Zur Dämpfung der Schaltstörgeräusche von Gleichstrom-Gleichstrom-Wandlern und gekoppelter Digitalstörungen, wie sie bei Vcc- und GND-Leitungen auftreten.
- B: Niedrige Impedanz (7 bis 30 Ohm), Schwachstrom bis Mittelstrom. Zur Dämpfung von Hochfrequenzstörungen, die erzeugt werden, wenn die Halbleitervorrichtung ‚aufwacht‘ und der Icc von Schwachstrom auf Starkstrom schaltet.
- C: Schwachstrom, niedrige bis mittlere Impedanz. Zur Dämpfung von Hochfrequenz-Oberschwingungen der CLK-Frequenz. Wenn es sich bei der ersten harmonischen Schwingung des Taktgebers beispielsweise um eine 20 MHz-Schwingung handelt, so könnte die fünfte Oberschwingung ein 100 MHz-EMI-Signal sein.
- D: Schwachstrom, niedrige bis hohe Impedanz. Zur Dämpfung von hochfrequenten abgeleiteten Störungen auf bidirektionalen Leitungen für die Ein- und Ausgabe von Daten.
- E: Schwachstrom bis Starkstrom, mittlere bis hohe Impedanz. Zur Dämpfung von Breitbandstörungen, die möglicherweise auf dem Anschlusskabel vorhanden sind, und um zu verhindern, dass abgeleitete Störungen von internen Schaltkreisen auf das externe Kabel übertragen werden.
- F: Schwachstrom, niedrige bis hohe Impedanz. Zur Dämpfung von hochfrequenten abgeleiteten Störungen auf bidirektionalen oder unidirektionalen Datenleitungen.

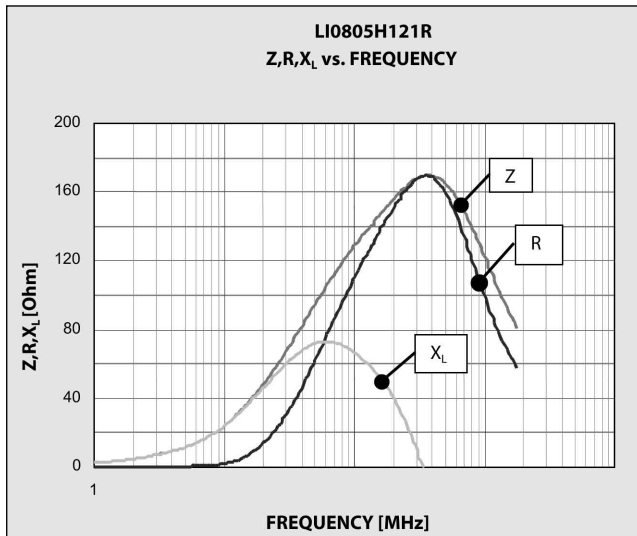


Abb. 2: Impedanz, Wirkwiderstand und indukt. Blindwiderstand eines SMD-Gegentakt-Ferrits (LI0805H121R-00 von Steward) mit einer Nennimpedanz von 120 Ohm bei 100 MHz in Abhängigkeit der Frequenz

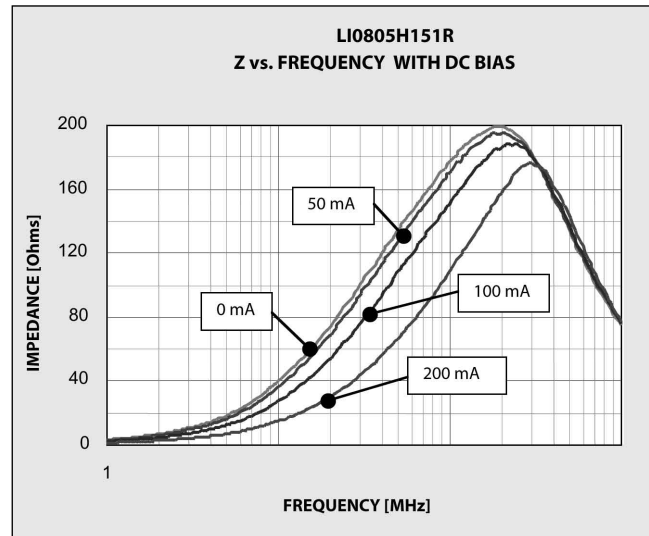


Abb. 3: Einfluss der Vormagnetisierungsströme auf die Impedanz eines Ferrits (LI0805H121R-00 von Steward)

BIAS

Um jedoch sicherzustellen, dass die gewünschte Impedanzstufe in dem Schaltkreis erreicht wird, muss sich der Entwicklungsingenieur bei der Auswahl von SMD-Ferriten des ‚Vormagnetisierungseffekts‘ bewusst sein.

Abbildung 2 zeigt eine Impedanzkurve in Abhängigkeit der Frequenz eines SMD-Gegentakt-Ferrits (LI0805H121R-00 von Steward) mit einer Nennimpedanz von 120 Ohm bei 100 MHz. Die Kurve zeigt die Impedanz, den Wirkwiderstand und den induktiven Blindwiderstand des Chips von 1 MHz bis 1,8 GHz.

Die Abbildung zeigt das Ansprechverhalten der Komponente, während lediglich das Testsignal der Prüfinstrumente durch sie hindurch fließt.

Wenn das beabsichtigte Datensignal und alle damit verbundenen hochfrequenten Störungen die SMD-Ferrit passieren, kommt es jedoch zu unterschiedlichen Ergebnissen.

Die Messwerte in Abbildung 3 zeigen das Verhalten des gleichen Bauteils allerdings mit verschiedenen Vormagnetisierungsströmen und der daraus resultierenden Impedanzreaktionen. (Dieser Vormagnetisierungsstrom entspricht dem effektiven Mittelwert

des Signal- und Störstroms bei der Verwendung in einem Schaltkreis.)

Die Abbildung macht deutlich, dass mit steigendem Bias-Strom die Spitzenimpedanz abnimmt. Bei der mit 0 A gekennzeichneten Kurve handelt es sich um den gleichen Impedanzgraph wie in Abbildung 2 (Kein Stromfluss).

Die anderen drei Kurven zeigen die Impedanz für das gleiche Bauteil, während bei der Prüfung Biasströme von 50 mA, 100 mA und 200 mA durch das Bauteil fließen.

Dieses Phänomen der abnehmenden Impedanz bei steigendem Vormagnetisierungsstrom ist auf den Sättigungseffekt des Ferritmaterials zurückzuführen.

Wie aus Abbildung 3 ebenfalls hervorgeht, tritt auch eine Verschiebung der Spitzenimpedanz im Frequenzband nach oben auf. Dies wird durch die Tatsache verursacht, dass die effektive Permeabilität des Ferritmaterials bei einem Anstieg der magnetischen Flussdichte des Signalstroms abnimmt. Dadurch entspricht es einem Material geringerer Permeabilität, was eine höhere Frequenz-Spitzenimpedanz oder Resonanz zur Folge hat.

Ein Entwicklungsingenieur muss diese Daten verwenden, wenn er entscheiden möchte, welche SMD-Ferrit für seine Anwendung geeignet ist.

Beispiel zur Bestimmung des passenden Ferrits

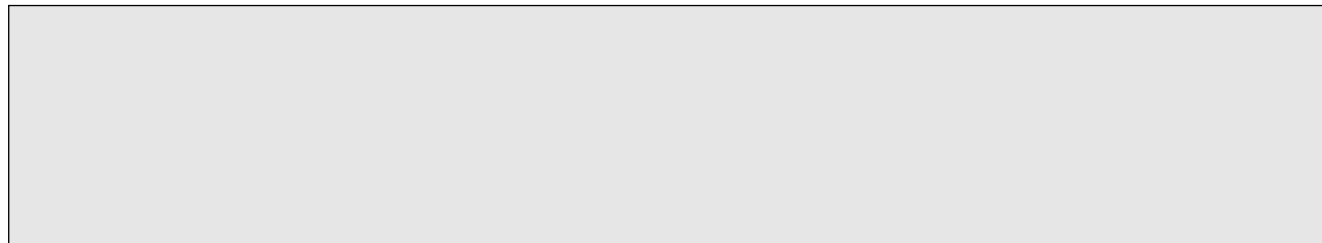
In einer Anwendung sei es erforderlich, dass für eine bestimmte Dämpfungsstufe 110 Ohm bei 60 MHz betrage. Aus Abbildung 2 geht hervor, dass LI0805H121R-00 geeignet erscheint, d.h. ungefähr 110 Ohm bei 60 MHz bietet.

Wenn wir jedoch davon ausgehen, dass – wenn das Bauteil tatsächlich im Schaltkreis verwendet wird – der effektive Mittelwert des Stroms, der durch das Gerät fließt, 100 mA beträgt, so ergibt sich aus Abbildung 3, dass die Impedanz bei 60 MHz mit einer Vormagnetisierung von 100 mA nicht die erwarteten 110 Ohm, sondern tatsächlich ungefähr 70 Ohm beträgt.

Der sich daraus ergebende Unterschied von 40 Ohm bedeutet, dass die Dämpfung der elektromagnetischen Interferenz geringer als erwartet ist und zu einem Problem mit der Produktkompatibilität führen könnte.

Es muss also ein Bauteil ausgewählt werden, das die bei der Problemfrequenz erforderliche Impedanz bei der jeweiligen Stromstärke zur Verfügung stellt.

Abbildung 4 zeigt die Impedanz im Vergleich zu den Frequenzcharakteristika bei verschiedenen Test-Vormagnetisierungsstrom-



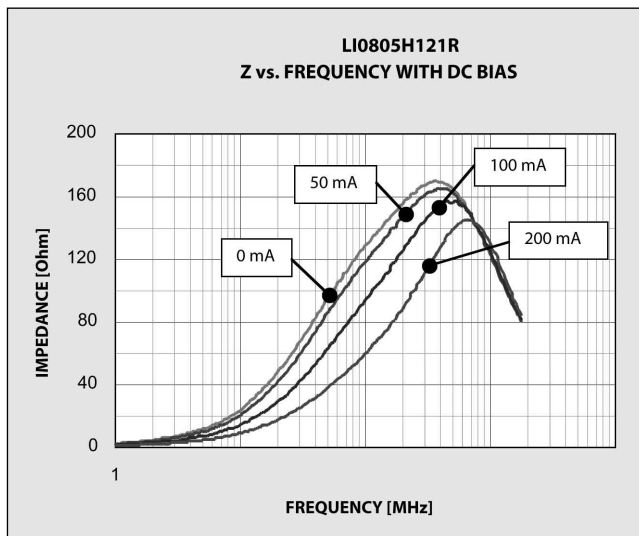


Abb. 4: Einfluss der Vormagnetisierungsströme auf die Impedanz eines Ferrits (LI0805H151R-00 von Stewart)

stärken für ein passendes Bauteil (LI0805 H151R-00 von Stewart). Bei diesem Teil handelt es sich um eine SMD-Ferrit der Packungsgröße 0805, mit nominal 150 Ohm bei 100 MHz.

Aus der Kurve der 100 mA Vormagnetisierung geht hervor, dass dieser bestimmte SMD-Ferrit ungefähr 120 Ohm bei 60 MHz zur Verfügung stellt, was die Entwurfsanforderungen von 110 Ohm bei 60 MHz mit einem Signalstrom von 100 mA erfüllt.

Das Bauteil LI0805H121R-00 (Abb. 3), stellt 70 Ohm zur Verfügung, also 40 Ohm weniger als die erforderliche Impedanz, während das der Abbildung 4 zugrundeliegende Bauteil LI0805H151R-00 ungefähr 120 Ohm zur Verfügung stellt, wodurch es sich erheblich besser für die Entwurfsanforderung eignet.

Dieses Beispiel zeigt, dass bei der Verwendung von SMD-Ferriten eine Berücksichtigung des Vormagnetisierungseffekts von entscheidender Bedeutung ist. Der Entwicklungsingenieur muss einen SMD-Ferrit selektieren, welcher die bei der Problemfrequenz erforderliche Impedanz bei der jeweiligen Stromstärke zur Verfügung stellt.

Fazit

Da eine kapazitive und induktive Filterung dazu neigt, EMI-Signale zu blockieren oder zu verschieben, besteht unter bestimmten Bedingungen die Möglichkeit, dass diese EMI-Störung zu abgestrahlten Störungen führt oder zurück in den Schaltkreis gekoppelt wird.

Im Gegensatz dazu wird durch eine Ferritfilterung die elektromagnetische Energie in

kleine Mengen Wärmeenergie umgewandelt und dadurch aus dem Schaltkreis entfernt. Das Risiko einer Rückkopplung dieser EMI in den Schaltkreis oder die Gefahr, dass die elektromagnetische Interferenz zu abgestrahlten Störungen wird, ist ausgeschlossen.

Bei Schaltungsentwicklungen mit SMD-Ferriten ist eine Berücksichtigung des Biaseffektes dieser Komponenten erforderlich. Der Entwickler muss die erforderliche Impedanz bei der entsprechenden Frequenz bei der jeweiligen Stromstärke wählen.

Um sicherzustellen, dass Entwicklungsingenieure in der Lage sind, diese Anforderungen zu erfüllen, stehen heute Materialien zur Verfügung, deren Funktion sich über ein breites Frequenzband von 500 kHz bis über 6 GHz erstreckt, die eine Schaltkreisimpedanz von 1 Ohm bis 2500 Ohm zur Verfügung stellen, und die bei Stromstärken von bis zu 10 A betrieben werden können.

Neueste Entwicklungen umfassen darüber hinaus standfestere SMD-Ferrite, bei denen der Einfluss des Vormagnetisierungseffekts verringert werden konnte. Produkte dieser Art können unter Last höhere Impedanzen aufrecht erhalten und weisen eine reduzierte Verschiebung der Spitzenimpedanz nach oben im Frequenzbereich auf.

Beitrag als PDF im Internet:

www.publish-industry.net

more @ click EK3B0102

