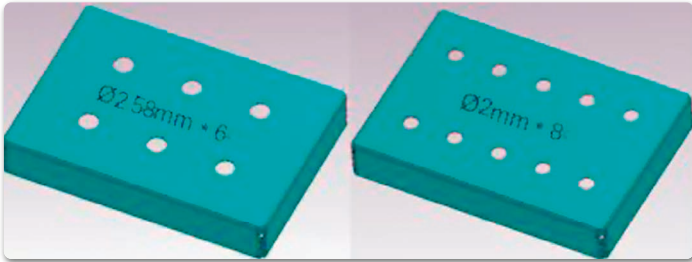


Wirksamkeit von auf PCBs angebrachten Abschirmungen

Welche Faktoren beeinflussen die Abschirmung?

Die Abschirmung auf Leiterplattenebene (Board Level Shielding, BLS) wird in verschiedenen elektronischen Produkten oder Systemen verwendet. Sie spielt eine wichtige Rolle bei der Lösung von EMV-Problemen.



Hierzu gehören z.B. EMI-Strahlung, systeminterne Interferenzen oder HF-Probleme. Mit der Verbesserung der Anforderungen der Endnutzer werden die Anforderungen an die Gestaltung von BLS zunehmend strenger.

Die Kunden verlangen jetzt ein höheres Frequenzband, geringeres Gewicht, kleinere Abmessungen oder niedrige Abschirmungen und vieles mehr. Daher müssen die Ingenieure die Abschirmwirkung (Shield Efficiency, SE) von BLS-Produkten bewerten, das ist entscheidend geworden. Dieser Artikel nennt die Schlüsselfaktoren und verrät, wie die Abschirmungsleistung auf Leiterplattenebene durch Simulationen und Tests optimiert werden kann. Er soll eine nützliche Referenz für Ingenieure bei der Entwicklung oder Auswahl von EMI-Abschirmungslösungen sein.

Quelle:
„Influencing Factors on
Shielding Effectiveness of
Board Level Shields“
Brian She
Test Engineer IV R&D
Laird Performance Materials
www.laird.com
übersetzt von FS

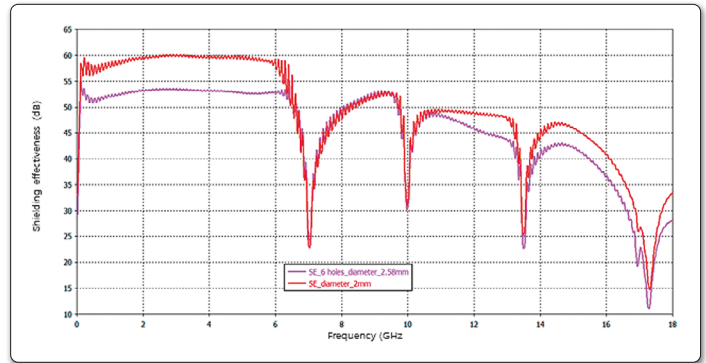


Bild 1, s. Text

Einfluss von Öffnungen auf die Wirksamkeit der Abschirmung

Es ist unrealistisch, eine vollständig geschlossene BLS zu entwerfen. Die Konstrukteure müssen in der Regel einige Öffnungen/Löcher in der BLS für die Belüftung oder die Verlegung von Signalleitungen vorsehen. Dafür stellen wir einige typische Design-Modelle von BLS vor, indem wir die Abschirmwirkung dieser Modi vergleichen. Daraus können wir einige nützliche Design-Regeln für BLS-Abschirmungsanwendungen ableiten.

• Einfluss der Lochgröße

In den meisten Anwendungsszenarien liegt der Lochdurchmes-

ser innerhalb von 2 mm, was im Vergleich zur EMI-Wellenlänge elektrisch klein ist. Daher kann ein einzelnes Loch keine wirksame Austrittsöffnung für Strahlung sein. Stellen Sie sich nun vor, dass wir eine Reihe von runden Löchern auf der Oberseite der BLS-Abdeckung einbringen müssen. Welcher der im Aufmacherbild gezeigten Entwürfe eignet sich besser für die EMI-Abschirmung? (Die Gesamtfläche der Löcher ist gleich.) Es zeigte sich, dass die SE von BLS mit kleineren Löchern höher ist. Das deutet darauf hin, dass die Größe der Löcher einen größeren Einfluss auf die Wirksamkeit der Abschirmung hat als die Anzahl der Löcher (Bild 1).

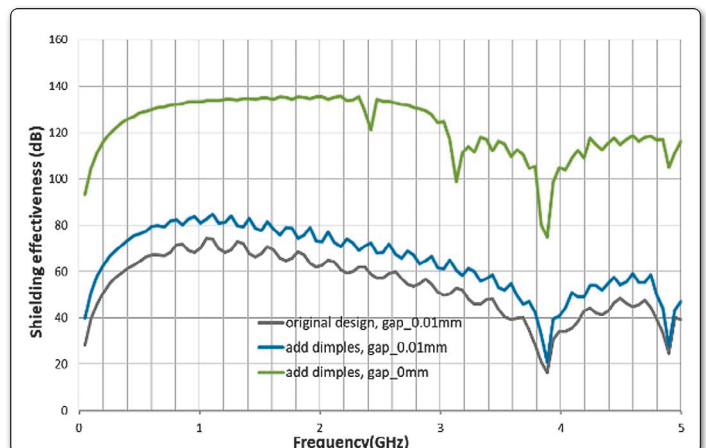
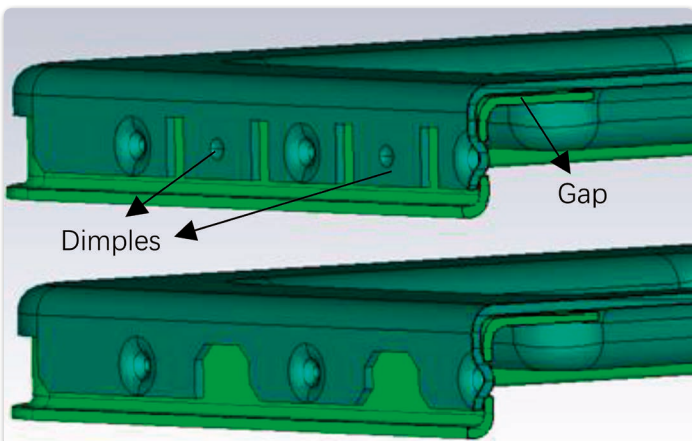


Bild 2, s. Text

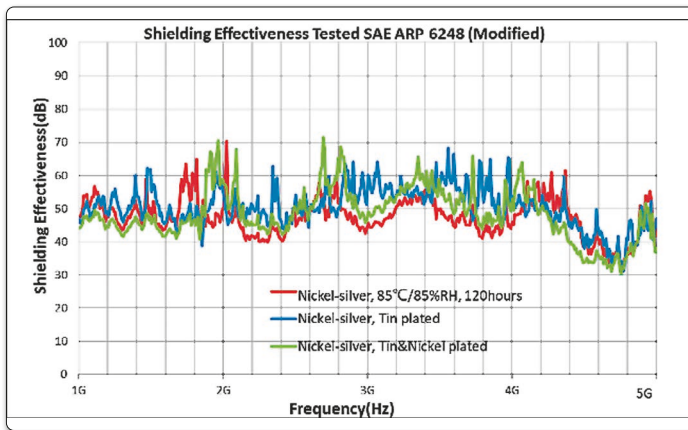


Bild 3, s. Text

• Einfluss von Lücken

Streifenförmige Öffnungen werden oft an den Seitenwänden oder zwischen dem BLS-Rahmen und dem Deckel eingebracht. Bei einer zweiteiligen BLS gibt es aufgrund einer mangelhaften Montage einen deutlichen Spalt zwischen dem Deckel und dem Rahmen. Das bedeutet einen Wellenleiter, der die EMI-Leckage befördert. Das Beispiel in Bild 2 zeigt den Unterschied in der Wirksamkeit der Abschirmung, der durch die verschiedenen Designs verursacht wird. Beachten Sie, dass selbst bei einem Spalt von 0,01 mm diese winzige Aperturöffnung einen enormen Rückgang der Abschirmwirkung mit sich bringt.

Es gibt mehrere Fälle, in denen die lange Seitenabmessung der Blende eine entscheidende Rolle für die Abschirmwirkung spielt,

unabhängig von der kurzen Seitenabmessung. Daher sollten Ingenieure in der praktischen Anwendung einige lange Schlitzöffnungen vermeiden, auch wenn die Spaltbreite gering ist.

Einfluss des Materials auf die Abschirmwirkung

Die gebräuchlichsten Rohstoffe für BLS sind kaltgewalzter und rostfreier Stahl und Neusilber oder Nickel-Silber (Bild 3). Diese Materialien sind extrem leitfähig. Unter diesen Umständen kann der Permeabilitäts-Effekt bei der Berechnung der Abschirmwirkung vernachlässigt werden. Die theoretische Gleichung von SE lautet:

$$SE \approx R = 20 \cdot \lg(\eta_0/4\eta)$$

Mit Index 0 bezeichnet ist die charakteristische Impedanz der EMI-Quelle, 377 Ohm für ebene EMI-Quellen. Ohne Index ist die

Material	Leitfähigkeit	relative Permeabilität
CRS (kaltgewalzter Stahl) 6×10^6 S/m	100	
Neusilber	$3,57 \times 10^6$ S/m	1
Permalloy	10×10^6 S/m	$200 E^0$

Tabelle: Beachten Sie, dass die Permeabilität, die für die Simulation eingestellt, eine konstante Zahl ist, In der Realität wird die Permeabilität von metallischen Materialien mit zunehmender Frequenz stark abnehmen

Impedanz des Abschirmungsmaterials. Diese kann einfach so ausgedrückt werden:

$$\eta = \sqrt{\frac{\pi \mu f}{\sigma}}$$

Daher ist die Leitfähigkeit des Material (unter dem Bruchstrich) der Schlüsselfaktor, der sich auf SE auswirkt. Um die SE von BLS, die aus verschiedenen Materialien bestehen, zu untersuchen, wurden viele vergleichende Simulationen und Tests durchgeführt. Alle diese Experimente zeigen, dass die SE der verschiedenen Materialien fast die gleichen sind. Selbst nach Abschluss eines Hochtemperatur- und Feuchtigkeits-Altungstests ändert sich das SE-Ergebnis nicht signifikant.

Ein zusätzlicher und wichtiger Faktor ist der Skin-Effekt. Wenn also für die EMI-Abschirmung Beschichtungsmaterial vorhanden ist, hängt die Abschirmleistung hauptsächlich davon ab; das Substratmaterial wird unwichtig.

Bei niedrigen Frequenzen werden BLS-Produkte häufig zur Begrenzung von Magnetfeldern eingesetzt, die in der Regel durch niederohmige Quellen (z.B. Transformatoren) verursacht werden. In diesen Fällen wird der Mechanismus der EMI-Abschirmung komplizierter. Im quasistatischen Magnetfeld wird der magnetische Fluss dazu veranlasst, durch die Materialien mit höherer Permeabilität zu fließen. Die Abschirmwirkung wird daher durch den Aufbau der Abschirmung, die Materialdicke und die Permeabilität bestimmt. Je höher die Frequenz, desto höher ist die Reflexion und umso dominanter werden die durch Wirbelströme verursachten Reflexionsverluste. Das bedeutet, dass die Leitfähigkeit des Materials zum entscheidenden Faktor für die Abschirmwirkung wird.

Um die SE verschiedener Materialien bei niedrigen Frequenzen quantitativ zu analysieren, wurde ein Modell zur Berechnung der SE von BLS eingerichtet. Zwei Spulen wurden innerhalb und

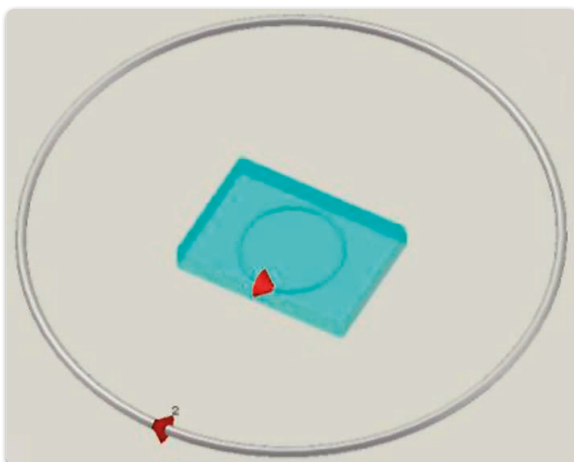
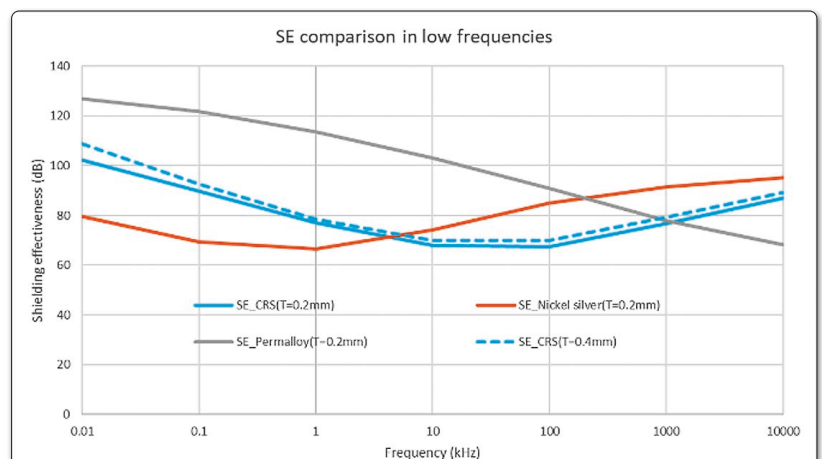


Bild 4, s. Text



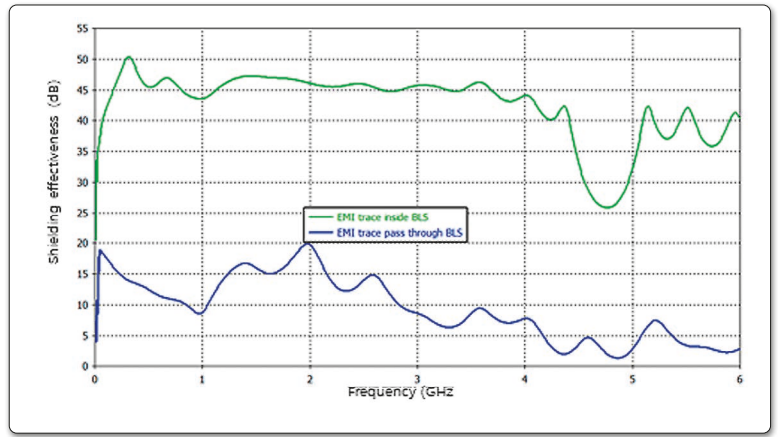
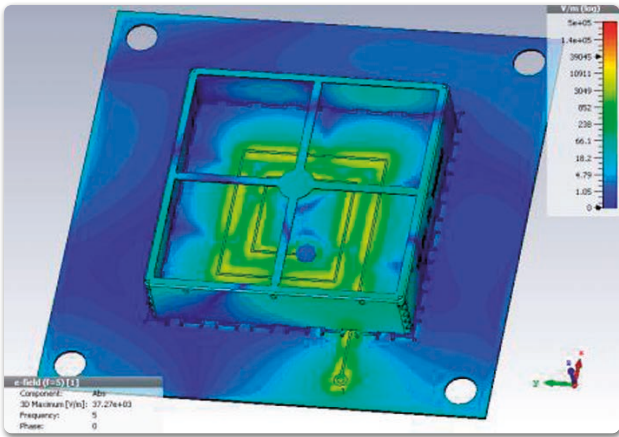


Bild 5, s. Text

außerhalb eines BLS platziert und eine perfekte Massefläche unter dem BLS platziert. Wenn wir die S21-Daten der Spulen mit und ohne BLS berechnen, kann die Abschirmwirkung so ausgedrückt werden:

$$SE (dB) = S21_{without\ BLS} - S21_{with\ BLS}$$

Bild 4 zeigt das Simulationsmodell und die Ergebnisse. Drei typische Materialien wurden modelliert. Die elektrischen Parameter bringt die Tabelle. Permalloy zeigt die beste Leistung bei Frequenzen unter 100 kHz, CRS-Material ist auch für niedrige Frequenzen geeignet, und Neusilber wird zum besten Abschirmungsmaterial insgesamt. Wenn wir die Dicke des Materials verdoppeln, können wir außerdem feststellen, dass die Abschirmwirkung verbessert wird.

Weitere Faktoren

Im Wesentlichen besteht das Ziel der EMI-Abschirmung darin, einen Faradayschen Käfig zur Isolierung des elektromagnetischen Feldes zu schaffen. Die BLS sieht jedoch nur fünf Seiten für die Abschirmung vor.

Sie sollte mit der Leiterplatte geerdet werden, um einen vollständigen Käfig zu bilden. Es müssen auch andere Faktoren berücksichtigt werden, die die Gesamtabschirmleistung beeinflussen können:

- EMI-Quelle

Erstens wurde festgestellt, dass die Impedanz der EMI-Quelle (Antenne) die Abschirmwirkung leicht beeinflussen kann. Normalerweise führt eine Antenne mit hoher Impedanz (z.B. Dipol) zu einem höheren SE oder Dynamikbereich. Ein quantitativer Vergleich ist jedoch nicht möglich, da sich unterschiedliche Antennenstrukturen auch auf die Ergebnisse auswirken. Ein weiterer Punkt, der zu berücksichtigen ist, ist der Abstand zwischen den Öffnungen und der EMI-Quelle. Befindet sich die EMI-Quelle in der Nähe des undichten Punktes, führt dies natürlich zu einer Verschlechterung der SE. Ein typisches Beispiel für eine SE-Schädigung: Immer wenn einige Signalspuren durch die Öffnungen der BLS verlaufen, wird die EMI-Leckage ziemlich problematisch.

Bild 5 zeigt, wie sich das elektromagnetische Feld verteilt, wenn die Signalleitungen durch den Schlitz der BLS verlaufen. Wenn wir den Vergleichstest durchführen, werden wir feststellen, dass es einem großen SE-Unterschied zwischen den beiden Szenarien gibt. (Die EMI-Spur kann innerhalb der BLS verlaufen und durch die BLS gehen.)

- Erdung der BLS

Die meisten BLS werden durch Oberflächenmontage auf die Leiterplatte gelötet. In einigen Fällen erfolgt noch immer eine Durchlochmontage. Dies ist eigentlich eine Teilerdung für die BLS. Die Anzahl der Erdungslöcher kann auch die Qualität der Abschirmung beeinträchtigen. Dementsprechend wurden Forschungen durchgeführt, um drei Arten von Erdungsmethoden zu simulieren: perfekte Erdung (über Spalt 0,8 mm), teilweise Erdung (über Spalt 7 mm) und schwimmend (keine GND-Durchführungen). Bild 6 zeigt die Modelle der drei verschiedenen Erdungsmethoden, Bild 7 die Ergebnisse.

Offensichtlich liefert eine vollständige Erdung das beste SE-

Ergebnis. Es folgt die Teilerdung. Ungerundet erhält man die schlechtesten Daten, und dabei spielt die parasitäre Kapazität eine wichtige Rolle für die Abschirmung. Es wurde gefunden, dass bei Veränderung der Resonanzpunkte das SE-Ergebnis bei einigen Frequenzen negativ sein könnte.

- Dielektrische Materialien im Inneren der BLS

In früheren Forschungen wurden die Auswirkungen dielektrischer Materialien auf SE nicht berücksichtigt. In realen Anwendungen gibt es jedoch zahlreiche in der BLS montierte dielektrische Komponenten (z.B. PCB-Material, Wärmeleitpads, EMI-Absorber). Diese Dielektrika wirken sich auf die Wirksamkeit der Abschirmung aus, insbesondere auf die Resonanzfrequenzpunkte. Im Allgemeinen komprimieren die dielektrischen Materialien die Wellenlänge der elektromagnetischen Welle, die sich im Innern des Raumes ausbreitet, gegenüber Ausbreitung im Vakuum. Die Wellenlänge innerhalb des dielektrischen Materials ist:

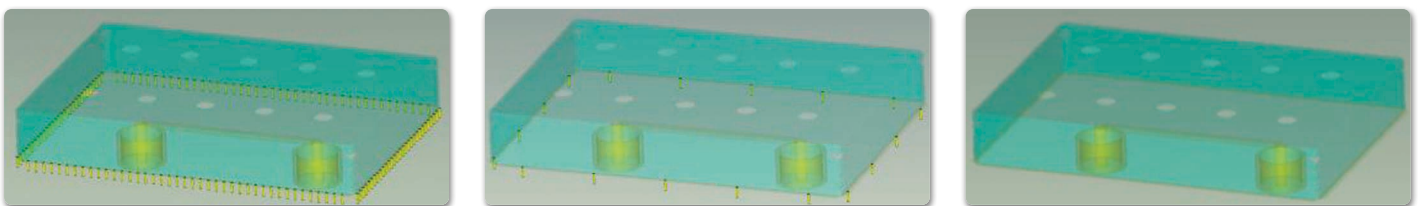


Bild 6, s. Text

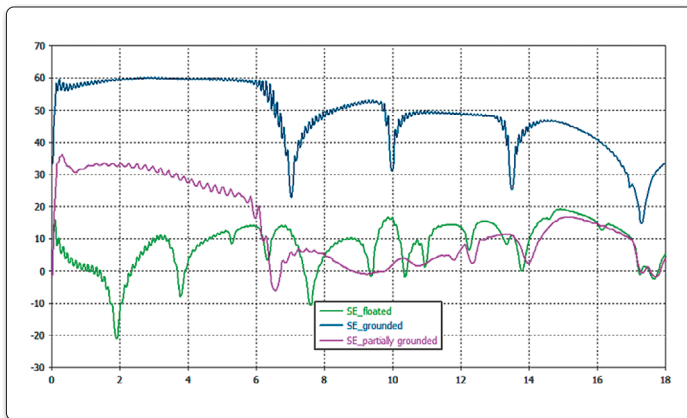


Bild 7, s. Text

$$\lambda = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_r}}$$

Mit Index 0 ist die Wellenlänge im Vakuum gekennzeichnet, unter dem Buchstrich steht die Permittivität des dielektrischen Materials.

Die Wellenlängenkompression führt zu zwei Ergebnissen bezüglich der Abschirmung. Erstens werden die Hohlraumresonanzen zu niedrigeren Frequenzen verschoben und zweitens gilt: Je

kürzer die Wellenlänge, desto wahrscheinlicher ist es, dass die elektromagnetischen Wellen aus den Öffnungen austreten. Dadurch wird die SE niedriger.

Absorber

Absorber im Inneren der BLS führen zu unterschiedlichen Ergebnissen, wie in Bild 8. Damit wird die BLS zu einem Verlusthohlraum. Die Resonanzpunkte sind alle entfernt. Dies ist die typische Anwendung für

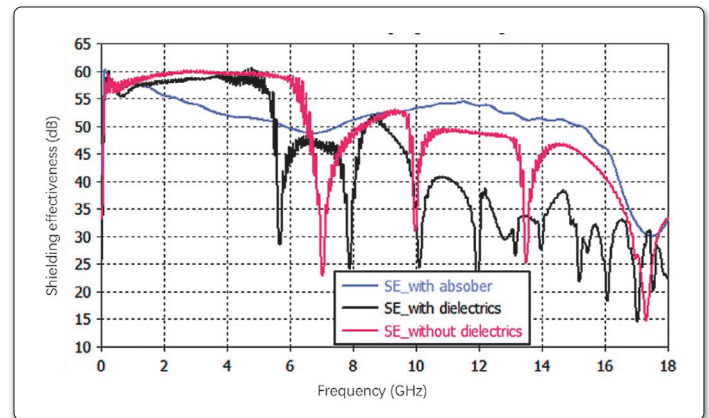


Bild 8, s. Text

eine absorberkombinierte BLS-Lösung. Sie wird häufig als multifunktionale Lösung bezeichnet.

Schlussfolgerungen

In Bezug auf die EMI-Abschirmleistung gibt es eine Vielzahl von Faktoren, die die tatsächliche SE bestimmen könnten. Im Allgemeinen liegt das Hauptaugenmerk von BLS auf den Öffnungen. Faktoren, die sich auf die Leitfähigkeit und Permeabilität des Materials bezie-

hen, scheinen nicht so wichtig, sollten aber bei der Niederfrequenzabschirmung berücksichtigt werden.

Bei höheren Frequenzen nimmt die Abschirmwirkung stark ab. Es ist jedoch erwiesen, dass die Vollwellen-EMI-Simulation besonders nützlich ist, um diese Probleme zu lösen. In Kombination mit Absorbermaterialien kann die hochfrequente EMI-Strahlung wirksam und signifikant gemindert werden. ◀

beam FACHBUCH

DIGITALE OSZILLOSKOPE

Der Weg zum professionellen Messen

Joachim Müller
21 x 28 cm, 388 Seiten,
ISBN 978-3-88976-168-2
beam-Verlag 2017, 24,95 €

Ein Blick in den Inhalt zeigt, in welcher Breite das Thema behandelt wird:

- Verbindung zum Messobjekt über passive und aktive Messköpfe
- Das Vertikalsystem – Frontend und Analog-Digital-Converter
- Das Horizontalsystem – Sampling und Akquisition

- Trigger-System
- Frequenzanalyse-Funktion – FFT
- Praxis-Demonstrationen: Untersuchung von Taktsignalen, Demonstration von Aliasing, Einfluss der Tastkopimpedanz
- Einstellungen der Dezimation, Rekonstruktion, Interpolation
- Die „Sünden“ beim Masseanschluss
- EMV-Messung an einem Schaltnetzteil

- Messung der Kanalleistung

Weitere Themen für die praktischen Anwendungs-Demos sind u.a.: Abgleich passiver Tastköpfe, Demonstration der Blindzeit, Demonstration FFT, Ratgeber Spektrumdarstellung, Dezimation, Interpolation, Samplerate, Ratgeber: Gekonnt triggern.

Im Anhang des Werks findet sich eine umfassende Zusammenstellung der verwendeten Formeln und Diagramme.



Unser gesamtes Buchprogramm finden Sie auf unserer Website oder bestellen Sie über info@beam-verlag.de

www.beam-verlag.de