

REDUZIERUNG DER STÜCKLISTE UND VERBESSERUNG DER GLEICHTAKT RAUSCHUNTERDRÜCKUNG

Timur Uludag

WÜRTH ELEKTRONIK MORE THAN YOU EXPECT



EMV- GRUNDLAGEN

EMV-Grundlagen

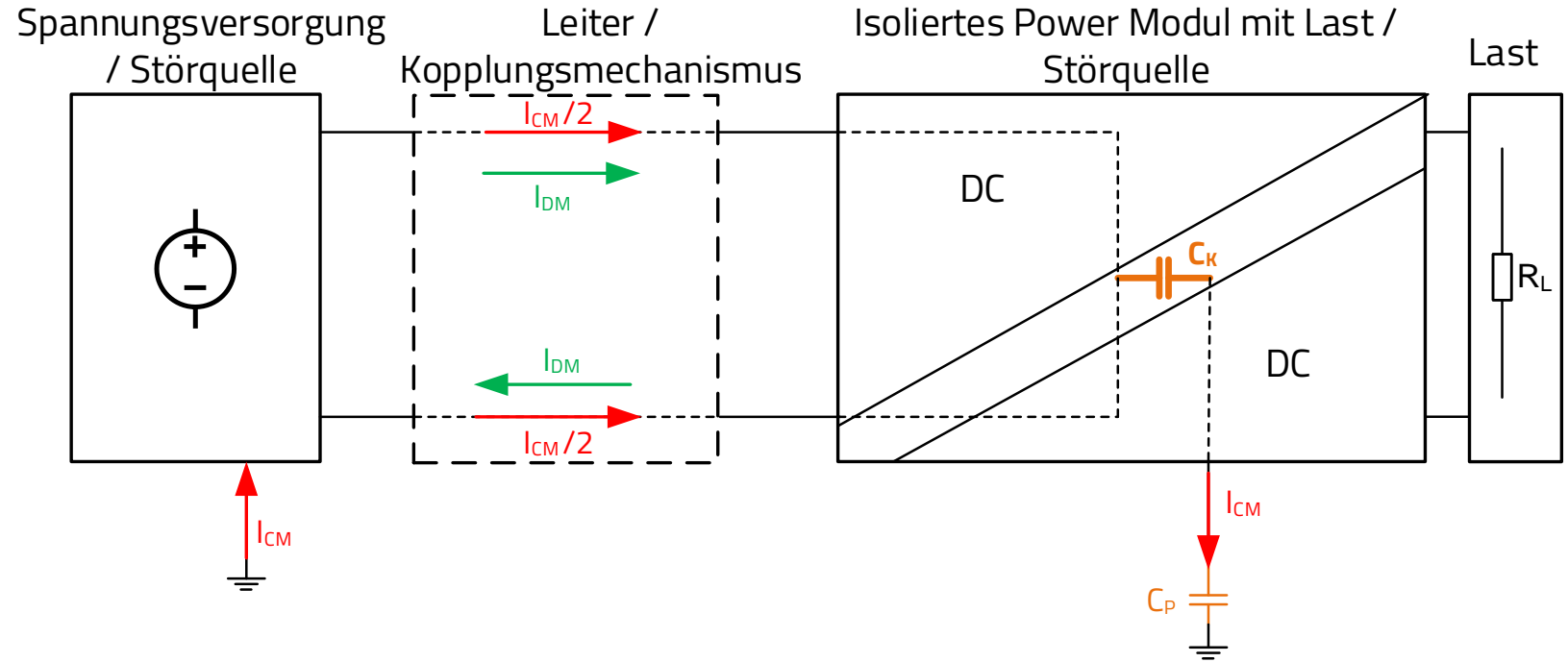
Gegentakt & Gleichtakt Störungen

Gegentakt Störungen

- Strom in den Versorgungsleitungen in entgegengesetzter Richtung
- Eingangsstrom vom Power Modul
- Dominant bei nicht isolierten Power Modulen

Gleichtakt Störungen

- Strom in den Versorgungsleitungen in gleicher Richtung
- Hauptsächlich aufgrund eines hohen du/dt der Schaltelemente
- Tritt vor allem bei isolierten Power Modulen auf



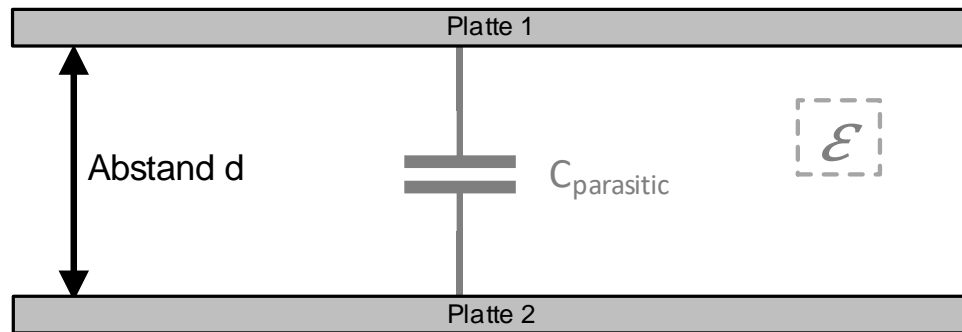
EMV-Grundlagen

Parasitäre Elemente, Parasitäre Elemente

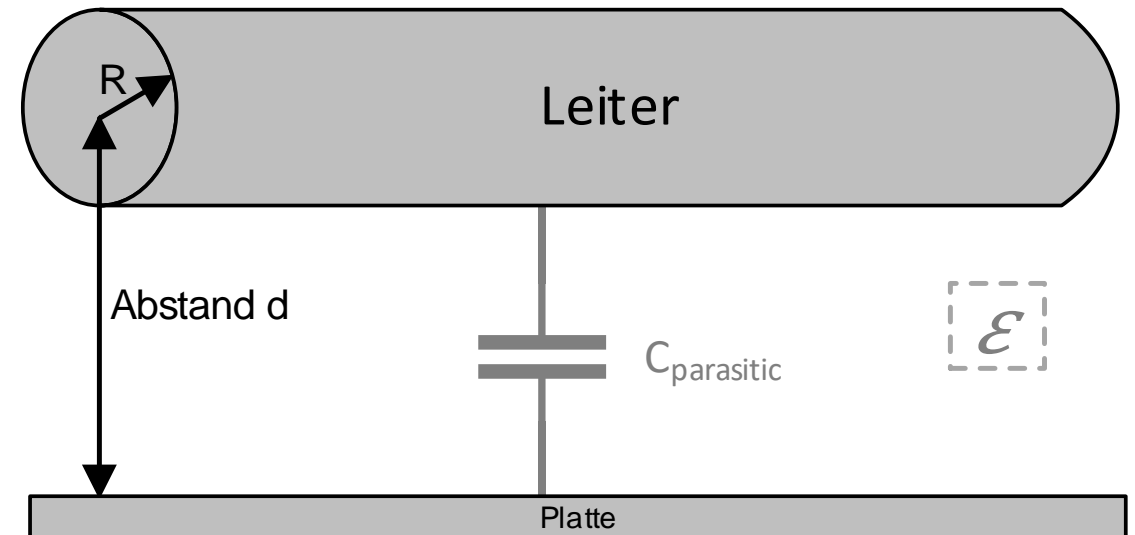
Denken Sie daran:

In jeder Schaltung gibt es parasitäre Kapazitäten zwischen verschiedenen Elementen mit unterschiedlichen Potenzialen.

Beispiel 1: Zwei parallele Platten



Beispiel 2: Ein Leiter parallel über eine ebene Platte



EMV-Grundlagen

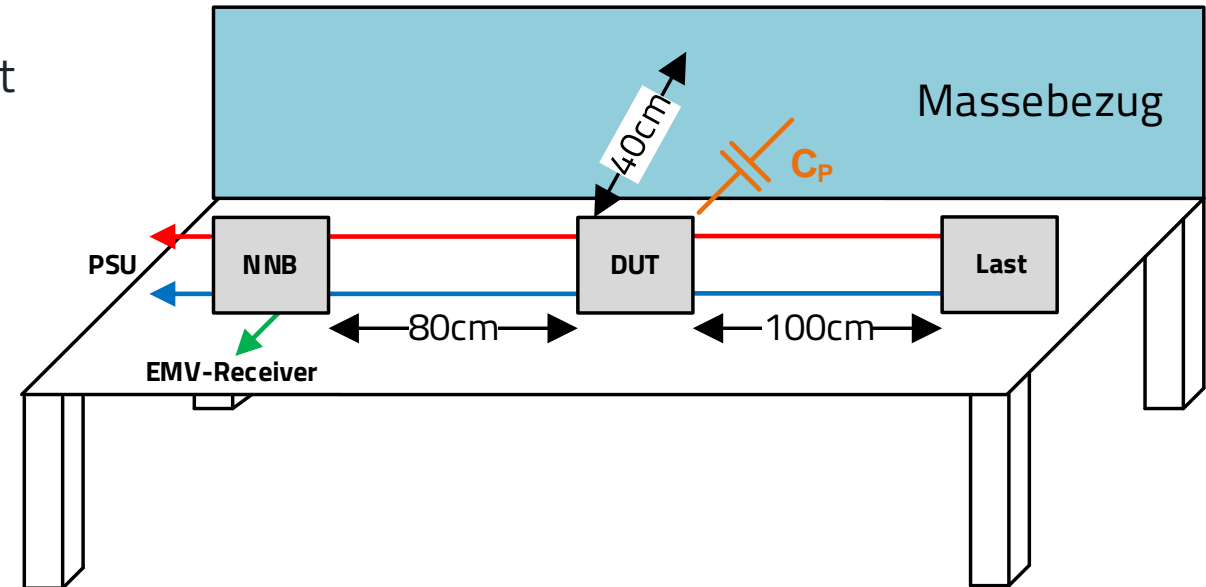
Definierter EMV-Testaufbau

Grundlegende Überlegungen:

- Jede Anwendung mischt die Gleichtaktkarten neu
- Deshalb kann kein allgemeines Rezept funktionieren
- Betrachtung muss vorerst von der Anwendung entkoppelt werden
- Aufbau nach CISPR16-2-1 ist ein guter Kompromiss für folgende Überlegungen

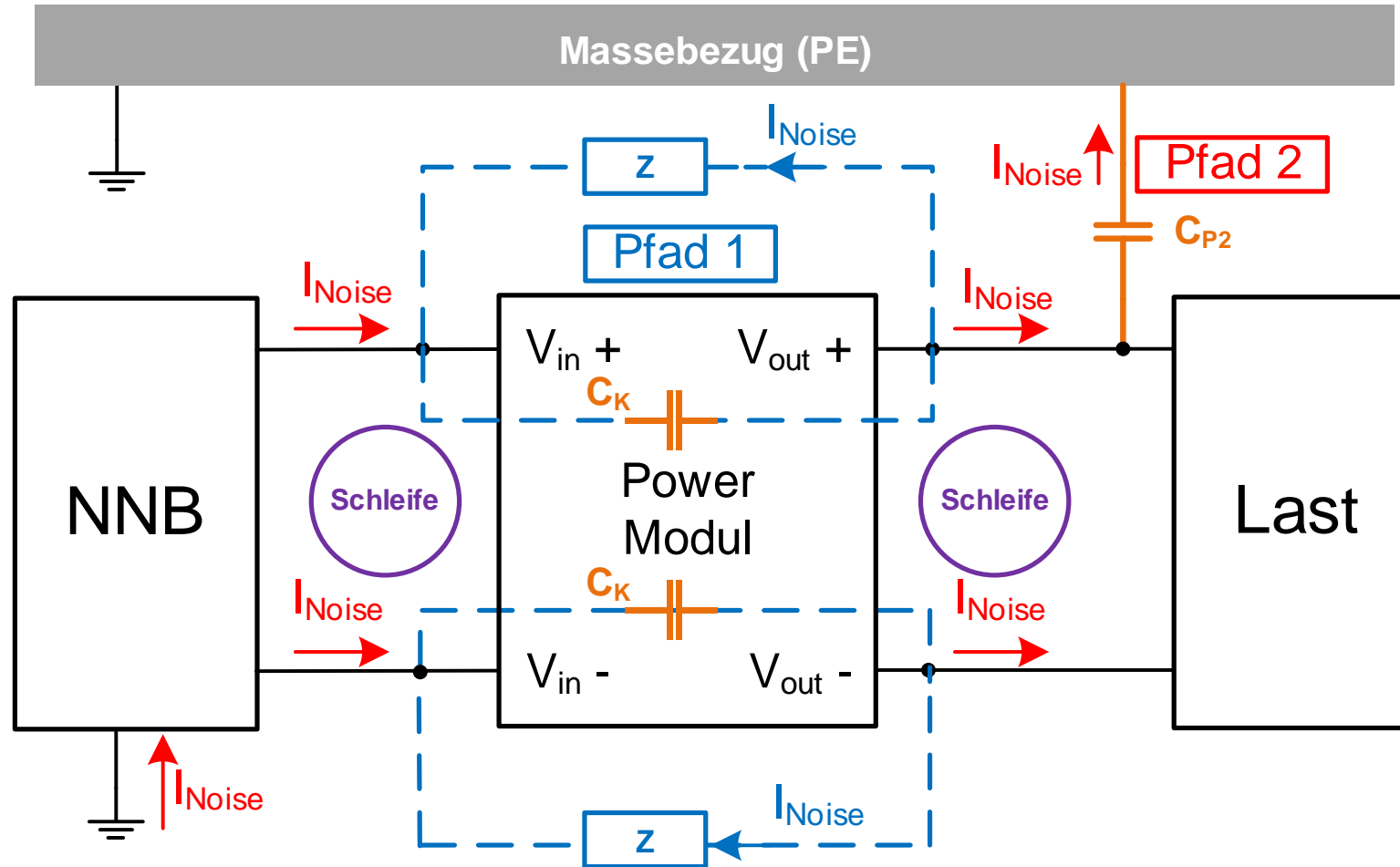
EMV-Prüfaufbau auf der Grundlage von CISPR16-2-1:

- Stromversorgungseinheit (PSU)
- EMV-Empfänger
- Power Modul (DUT)
- Elektrische Last
- Netznachbildung (NNB)



EMV-Grundlagen

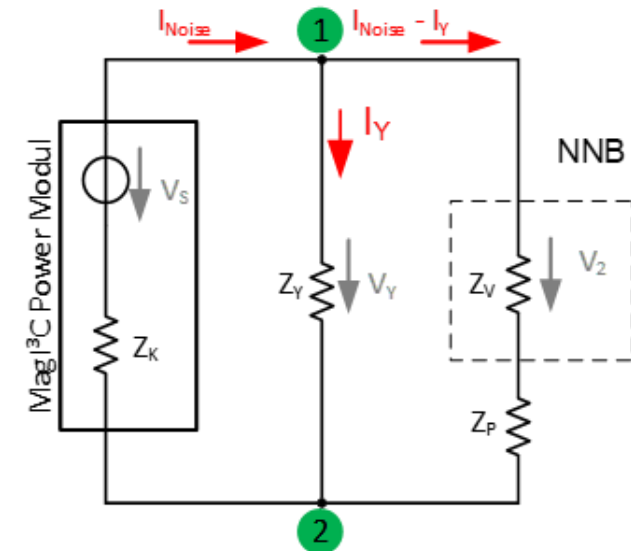
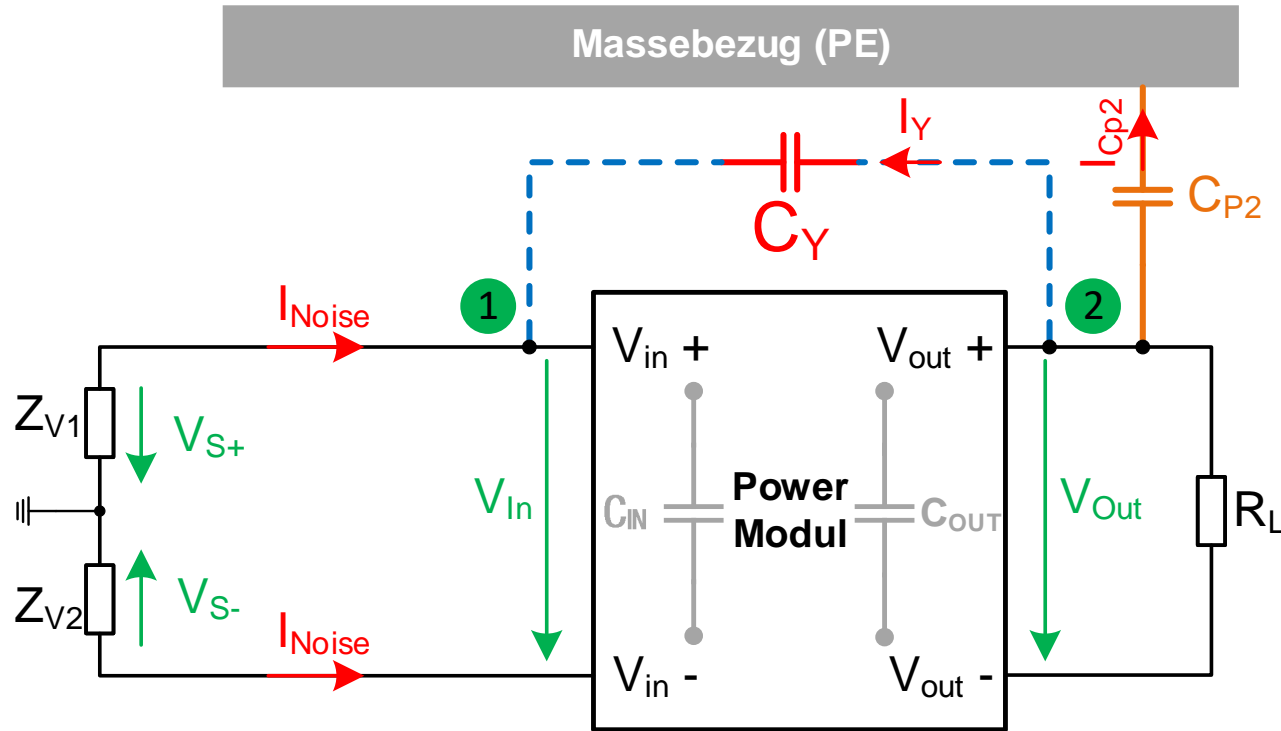
Absicht - Lass die Störungen nicht die NNB erreichen



- 1 Gleichtaktstrom mit Abzweigung
- 2 Gleichtaktstrom ohne Abzweigung

EMV trifft auf Kirchhoff

Elektrisches Äquivalenzschaltbild - vereinfacht



Zwischen 1 und 2 zusätzlicher Brückenkondensator!

EMV-Grundlagen

Kirchhoffsche Gleichungen - Daumenregel

Spannungsabfall ohne Y-Kondensator:

$$V_1 = V_S \cdot \frac{Z_V}{Z_K + Z_P + Z_V}$$

V_1, V_2 – Spannungsabfall an der NNB

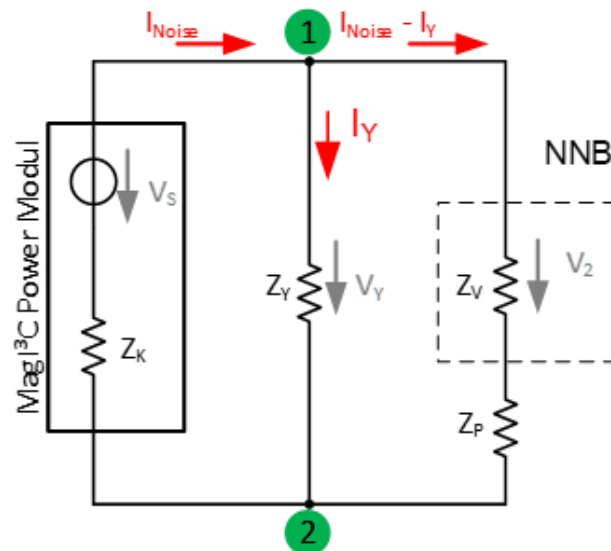
Z_K – Impedanz der Wickelkapazität

Z_P – Impedanz der parasitären Koppelkapazität

Z_V – Impedanz der NNB

V_Y – Spannungsabfall am Y-Kondensator

Z_Y – Impedanz des Y-Kondensators



Spannungsabfall mit Y-Kondensator:

$$V_2 = V_S \cdot \frac{Z_Y}{Z_K + Z_Y} \cdot \frac{Z_V}{Z_P + Z_V}$$

→ Gleichung für die Dämpfung

$$d = \frac{Z_Y \cdot (Z_K + Z_P + Z_V)}{(Z_K + Z_Y) \cdot (Z_V + Z_P)}$$

EMV-Grundlagen

Gap Overlap Stitching - effektiven Kapazität basierend auf der überlappenden Fläche

Gleichung für die Kapazität C:

$$C = \frac{A \cdot \epsilon}{d} = \frac{l \cdot w \cdot \epsilon}{d} \quad \epsilon = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r$$

C ist die totale "Stitching" Kapazität

d ist die Dicke der Isolierschicht in der Leiterplatte

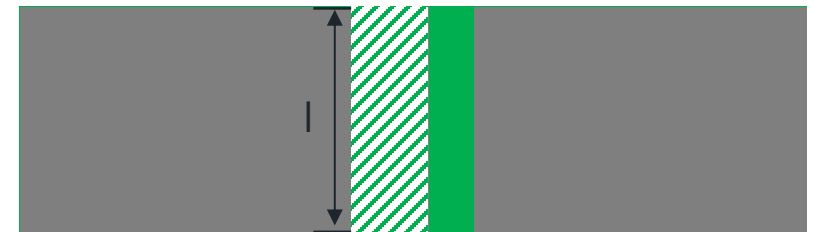
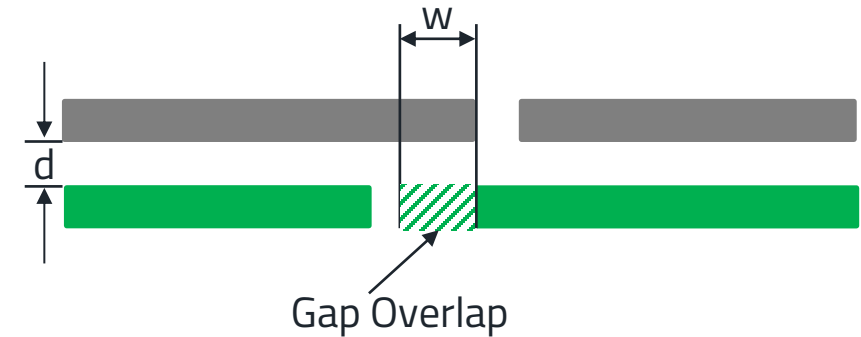
ϵ_0 ist die Dielektrizitätskonstante des freien Raums

ϵ_r ist die relative Dielektrizitätskonstante des Isoliermaterials der Leiterplatte

w Weite der Überlappenden Fläche

l Länge der Überlappenden Fläche

Geometrisches Prinzip



EMV-Grundlagen

Design Grundlage – umgesetzte Layouts

Basierend auf einer Evaluation Board PCB Größe von 80x80mm wird mit einem 2- und 4-Layer Design versucht die max. Kapazität zu erzielen.



Komplexität

Es werden somit folgende Varianten gegenübergestellt:

- Zwei Lagen „ohne“ Y-Kondensator.
- Zwei Lagen mit integriertem Y-Kondensator unter Beibehaltung der Kriechstrecken gleich der Modul Kriechstrecken.
- Vier lagen mit getrennter primärer GND-Fläche auf TOP und BOTTOM Lage.
- Vier Lagen mit max. Kapazität.

→ Mehr als 4 Lagen wird nicht betrachtet !!



REALISIERTE DESIGNS POWER MODULE

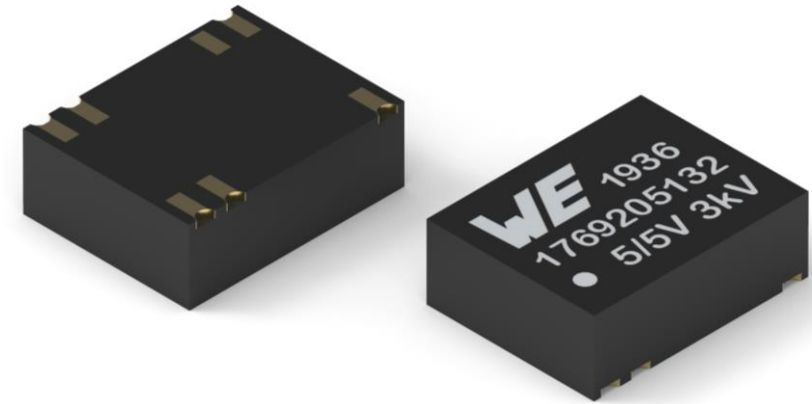
Realisierte Designs-Power Module

Power Modul für die Auslegung

Kurz Spezifikation:

- Typ. 8pF parasitäre Kopplungskapazität
- Kleine Bauform (9 x 7 x 3.1mm)
- keine externe Beschaltung (C_{in} und C_{out} sind integriert)
- Funktionale Isolation
- Kurzschlussfest
- UL62368 Zulassung

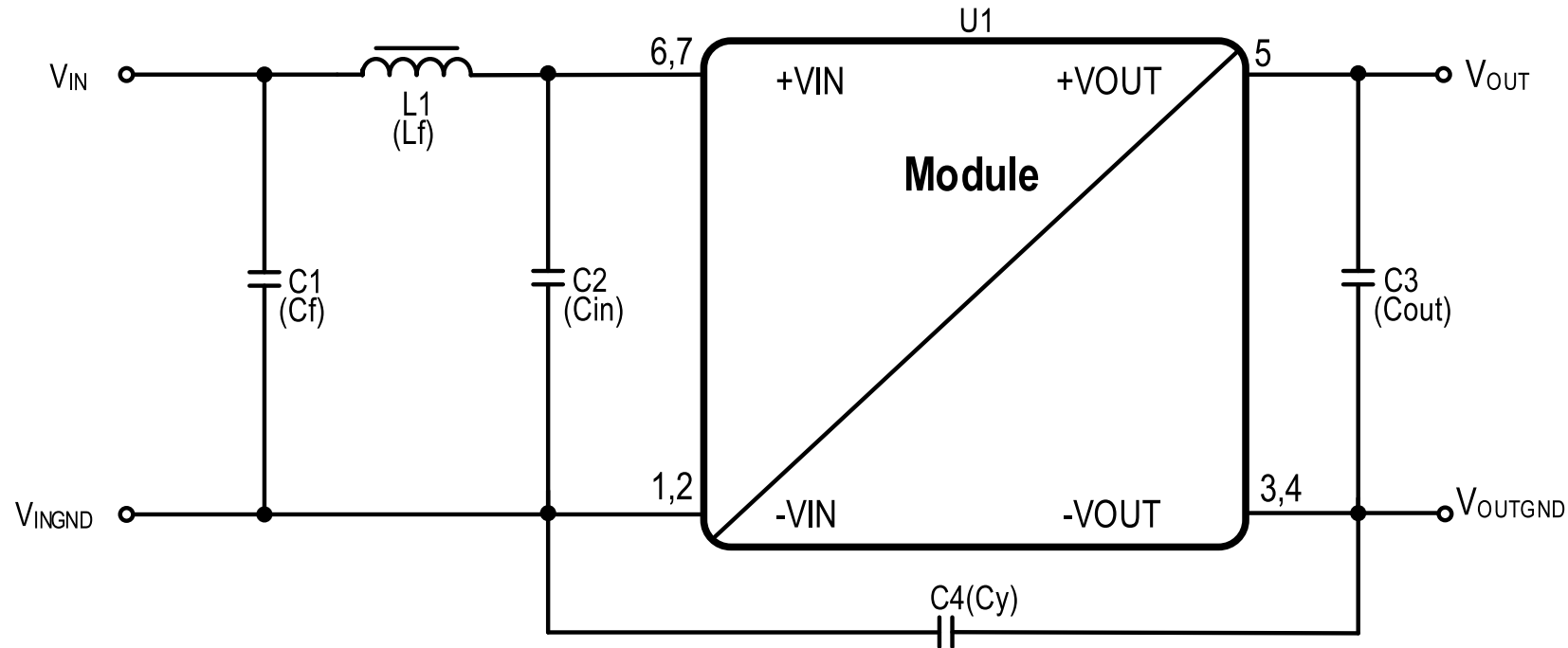
FIMM MagI³C Power Module



FIMM LGA-7 (1769205132)

Realisierte Designs-Power Module

EMV-Test Setup



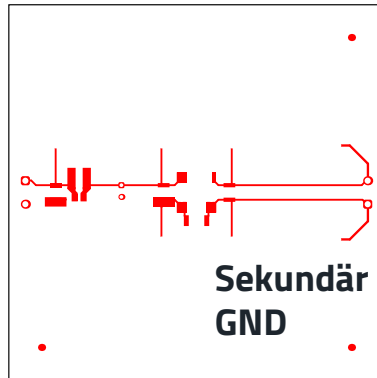
Beschreibung:

- Gegentaktfilter bestückt
- Ausgangskondensator bestückt

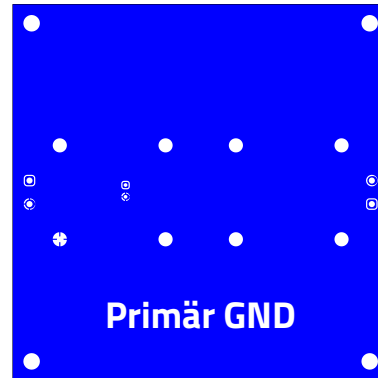
Realisierte Designs-Power Module

Layout Version 1 – 2 Lagen ohne Y-Kondensator

TOP Layer



BOTTOM Layer



Schematischer Aufbau:



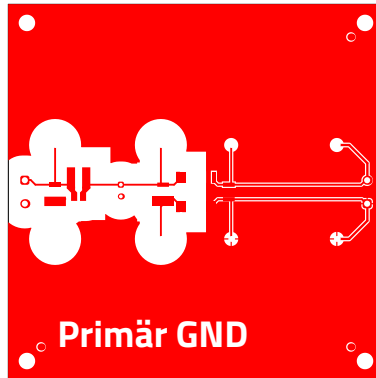
Effektive Kapazität

→ C_{PCB} : ca. 14pF = Y-Cap

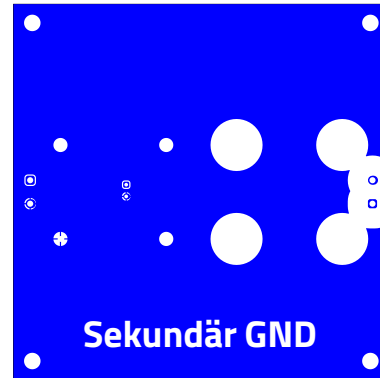
Realisierte Designs-Power Module

Layout Version 2 – 2 Lagen mit ca. 130pF integriertem Y-Kondensator

TOP Layer



BOTTOM Layer



Schematischer Aufbau:



Effektive Kapazität

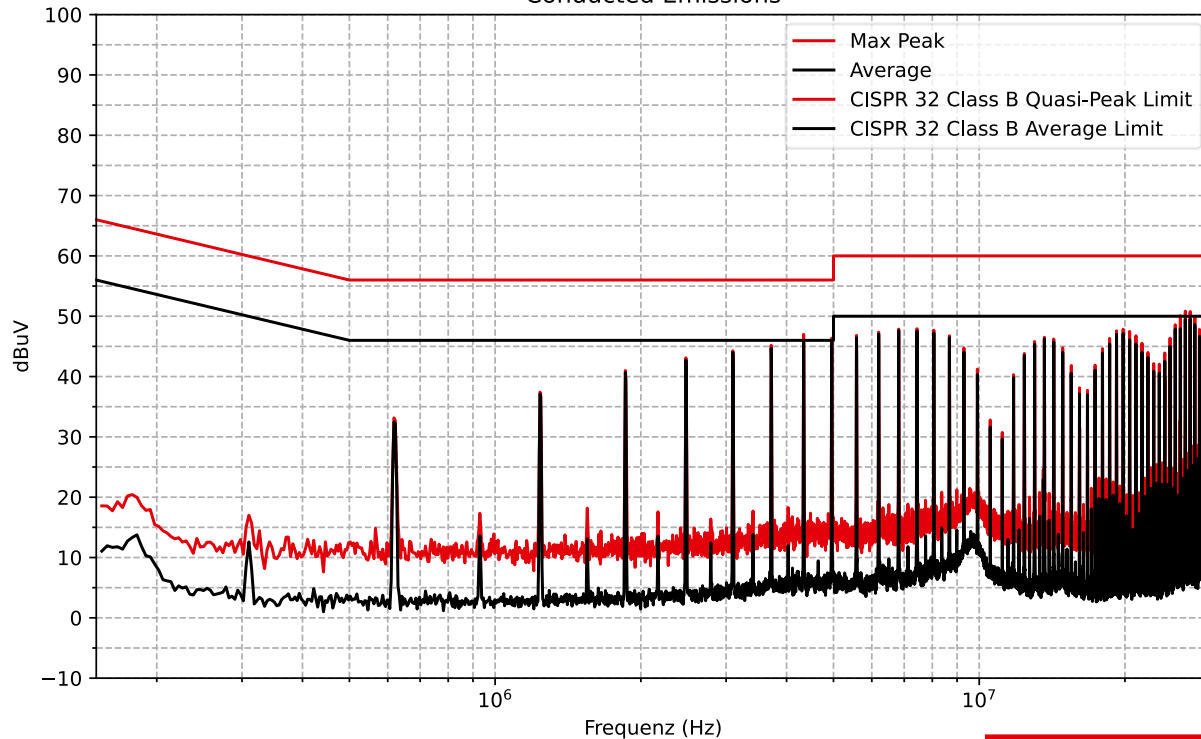
→ C_{PCB} : ca. 130pF = Y-Cap

Realisierte Designs-Power Module

2 Lagen Layout ohne Y-Kondensator / mit integriertem Y-Kondensator

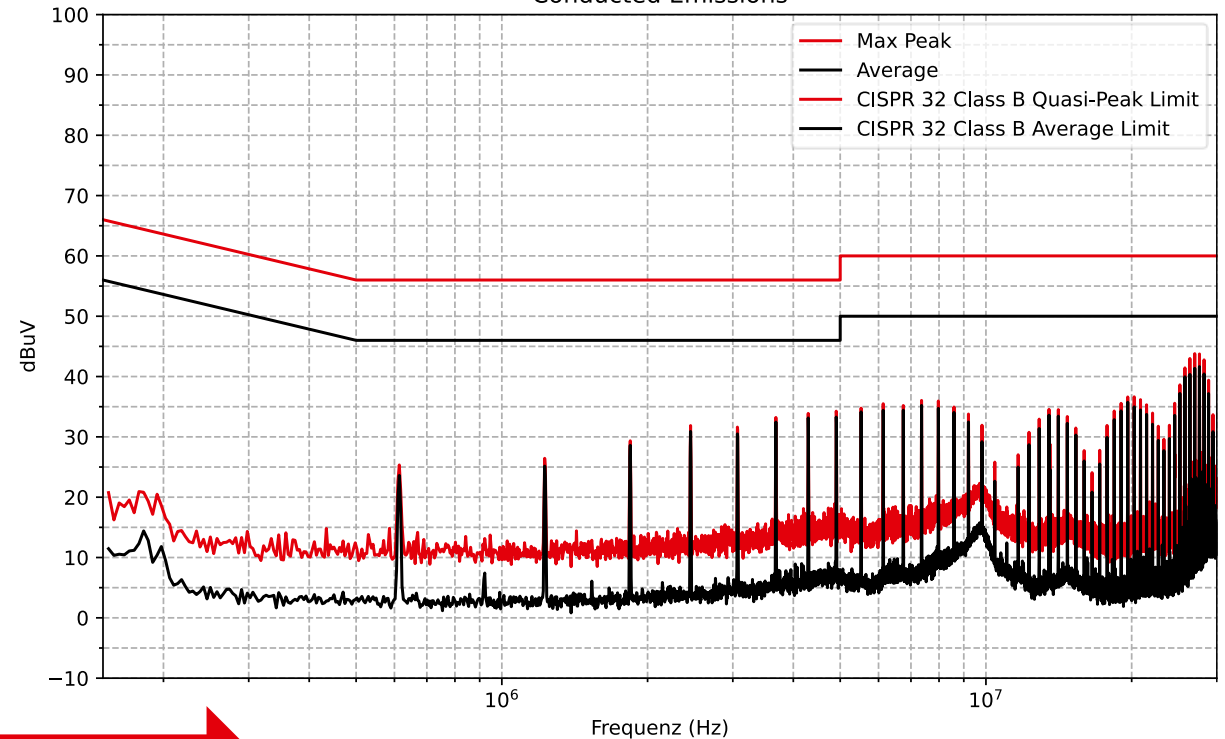
2 Lagen ohne Y-Kondensator

Conducted Emissions



2 Lagen mit integriertem 130pF Y-Kondensator

Conducted Emissions



≈ 10dB

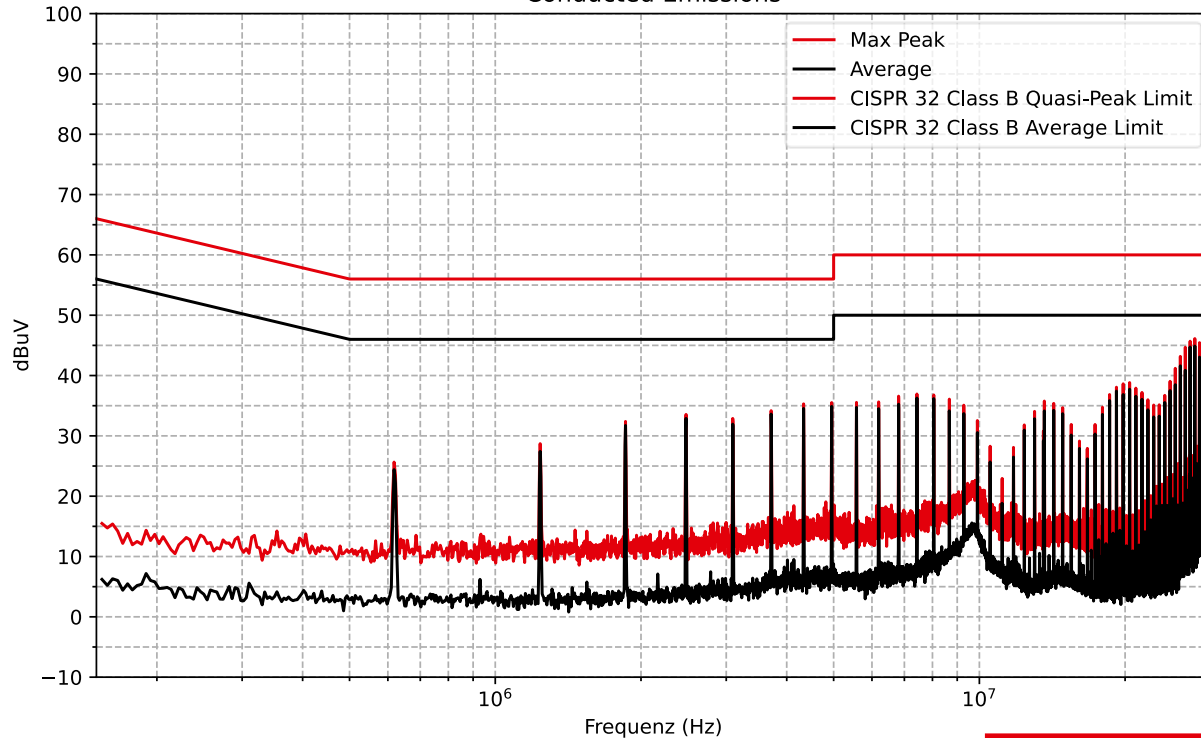
Basierend auf der Berechnung für d bekommt man ca. 12dB Dämpfung bei 130pF Y Kondensator

Realisierte Designs-Power Module

2 Lagen mit diskretem Y-Kondensator / mit integriertem Y-Kondensator

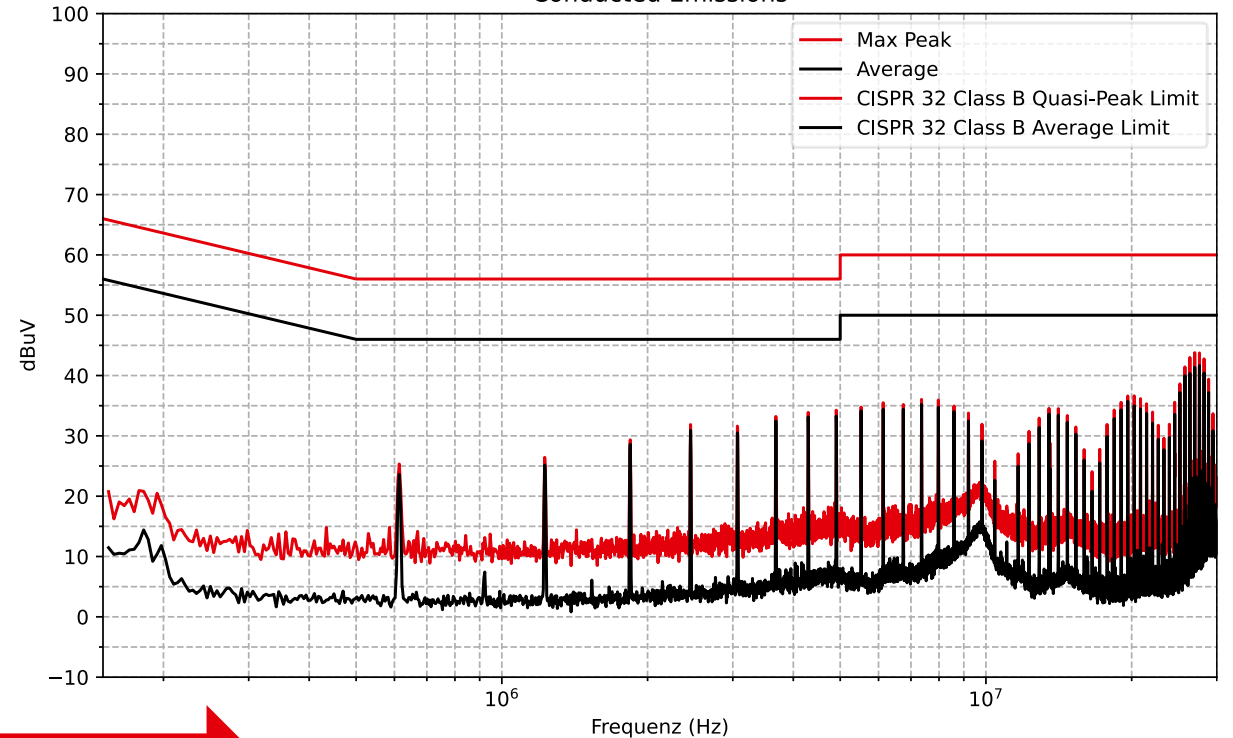
2 Lagen mit 100pF diskreten Y-Kondensator

Conducted Emissions



2 Lagen mit integriertem 130pF Y-Kondensator

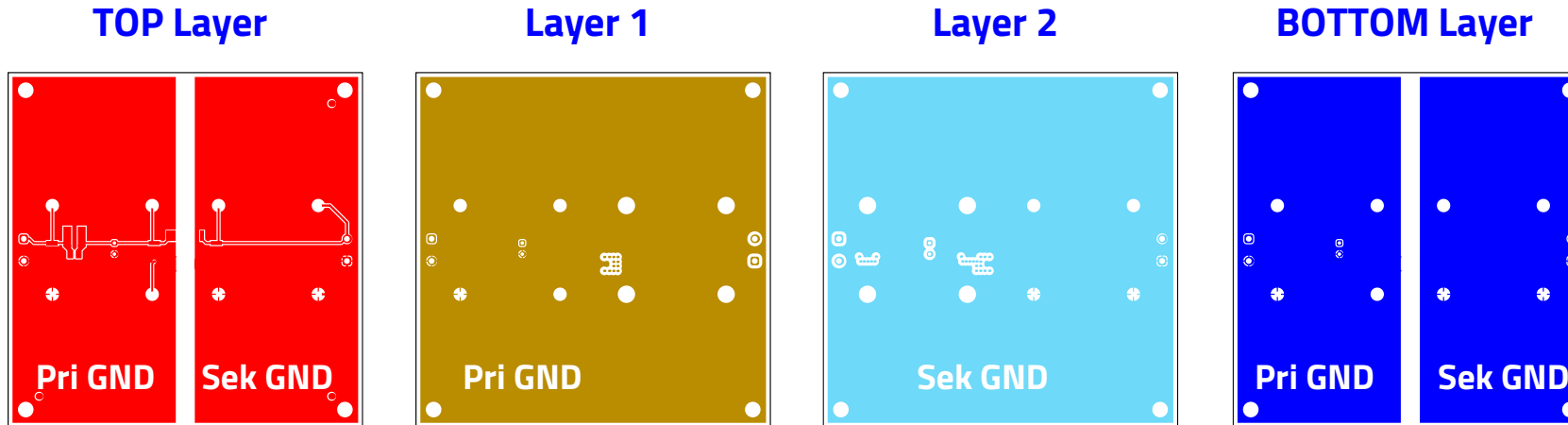
Conducted Emissions



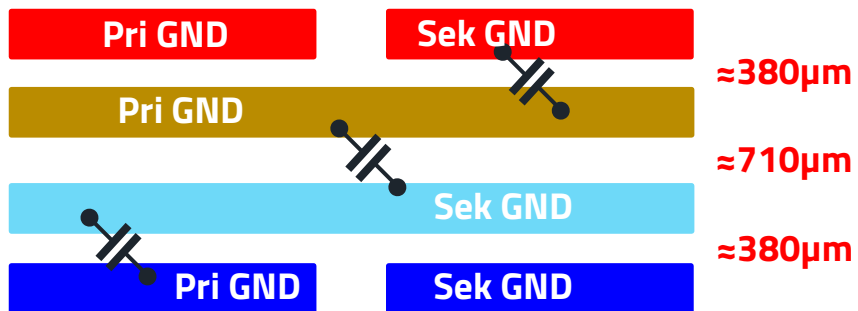
≈ 0dB

Realisierte Designs-Power Module

Layout Version 3 – 4 Lagen mit ca. 920pF integriertem Y-Kondensator



Schematischer Aufbau:



Effektive Kapazität

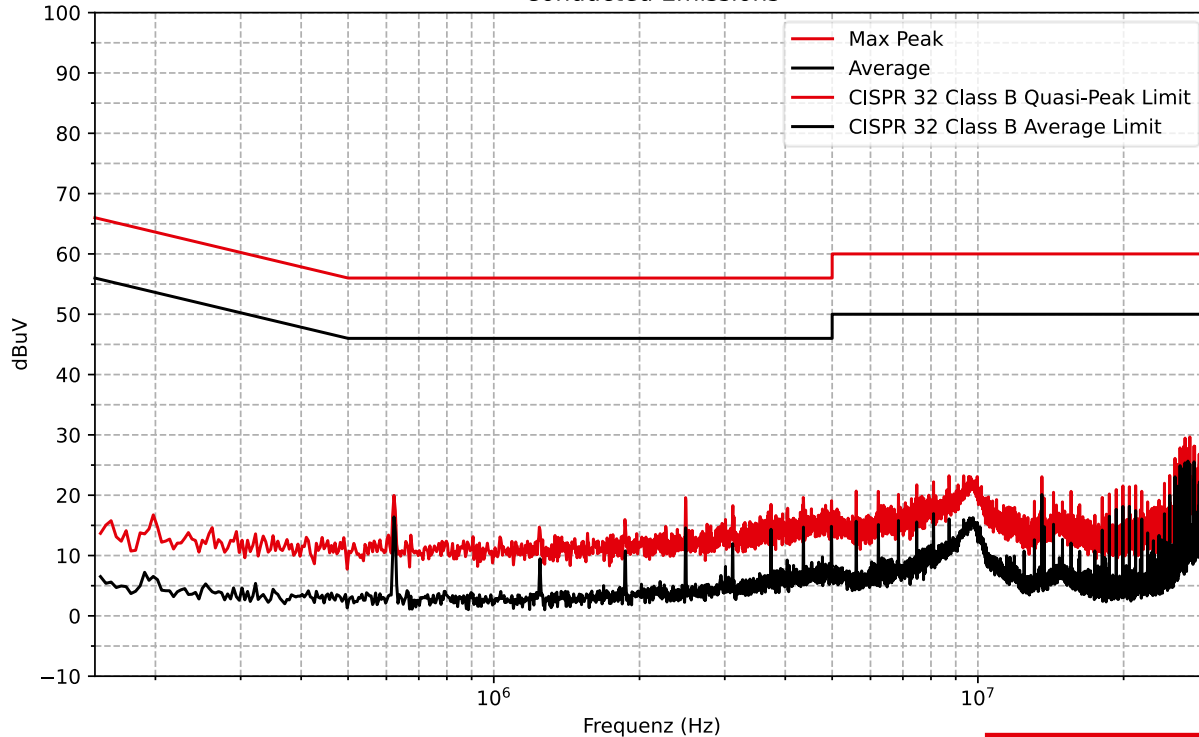
→ C_{PCB} : ca. 920pF = Y-Cap

Realisierte Designs-Power Module

4 Lagen mit integriertem Y-Kondensator / 2 Lagen mit diskretem Y-Kondensator

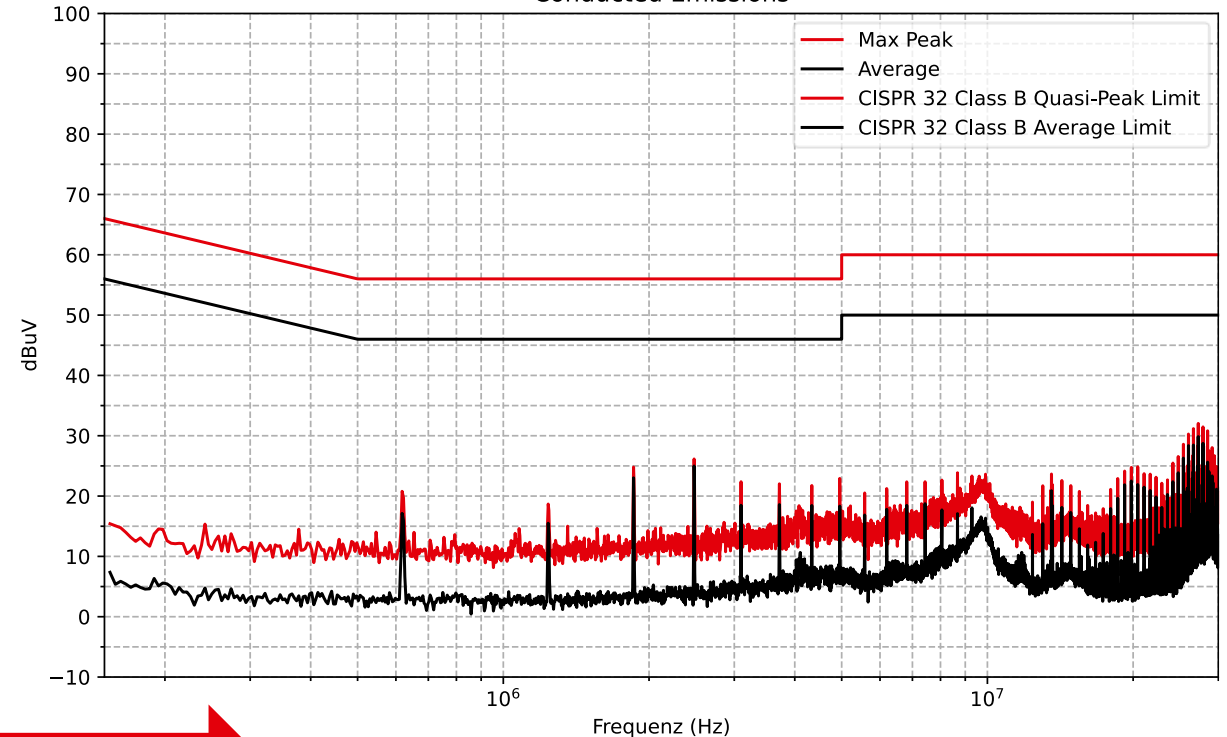
4 Lagen mit integriertem 920pF Y-Kondensator

Conducted Emissions



2 Lagen mit 1000pF diskreten Y-Kondensator

Conducted Emissions

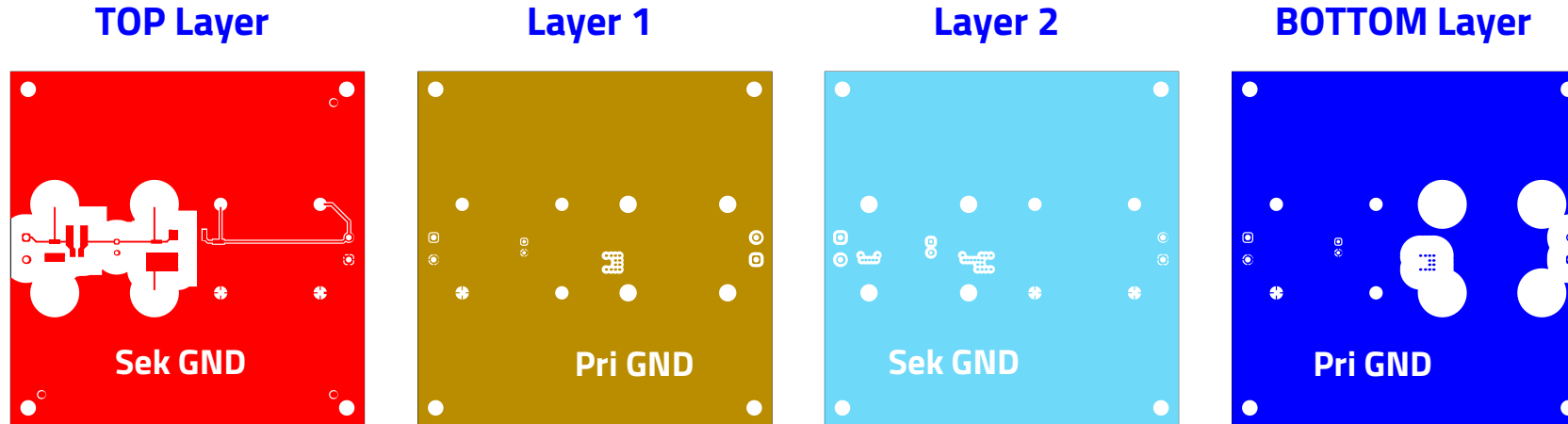


Basierend auf der Rechnung bekommt man
ca. 28dB Dämpfung bei 1000pF Y Kondensator

≈ 0dB

Realisierte Designs-Power Module

Layout Version 4 – 4 Lagen mit ca. 1400pF integriertem Y-Kondensator



Schematischer Aufbau:



Effektive Kapazität

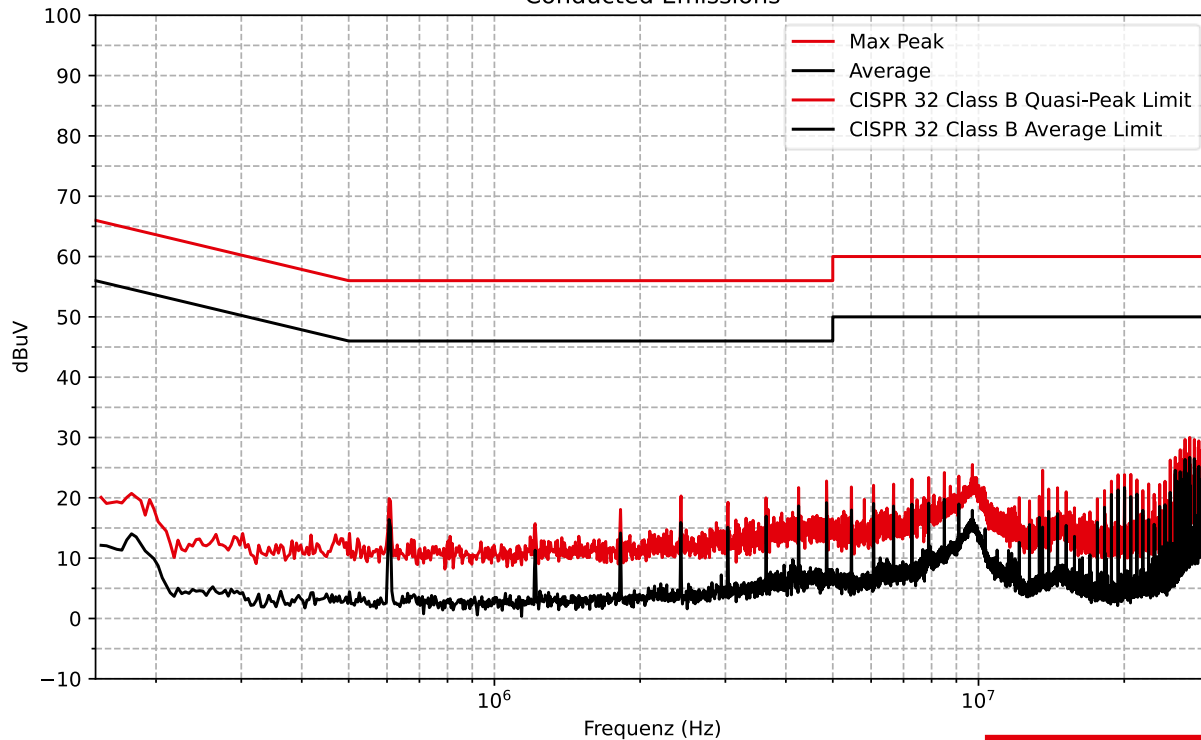
→ C_{PCB} : ca. 1400pF = Y-Cap

Realisierte Designs-Power Module

4 Lagen mit integriertem Y-Kondensator

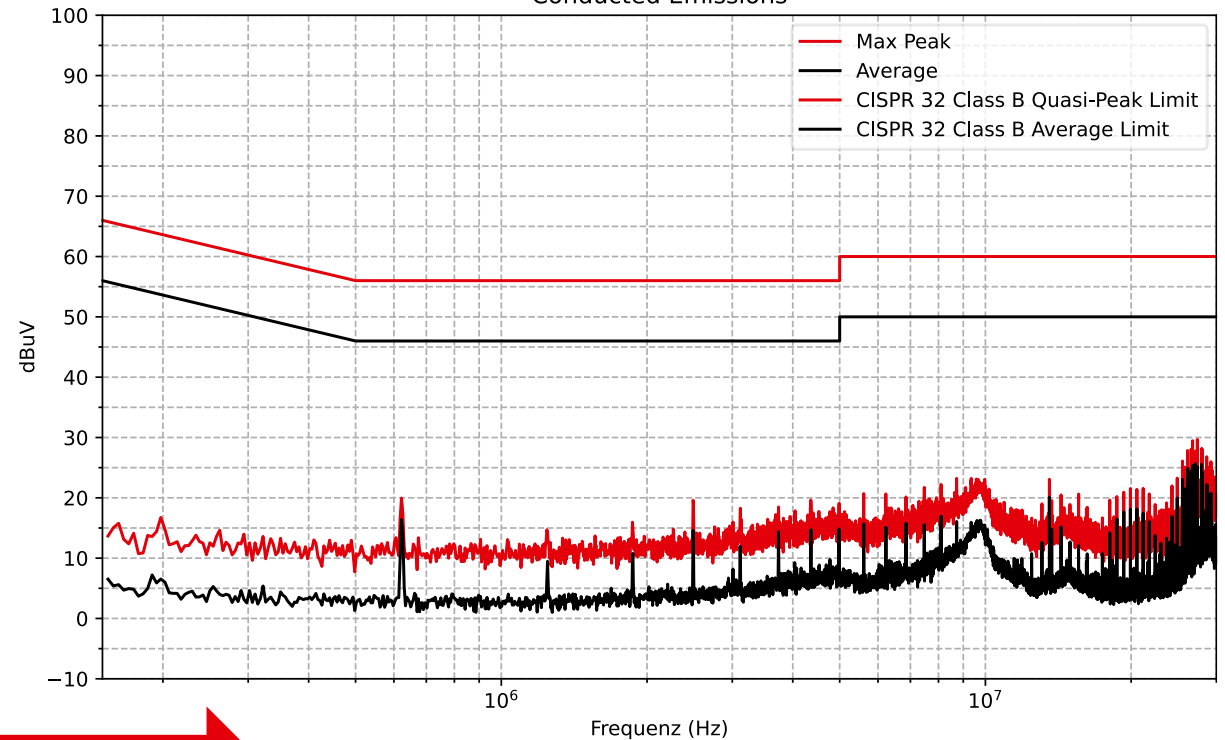
4 Lagen mit integriertem 1400pF Y-Kondensator

Conducted Emissions



4 Lagen mit integriertem 920pF Y-Kondensator

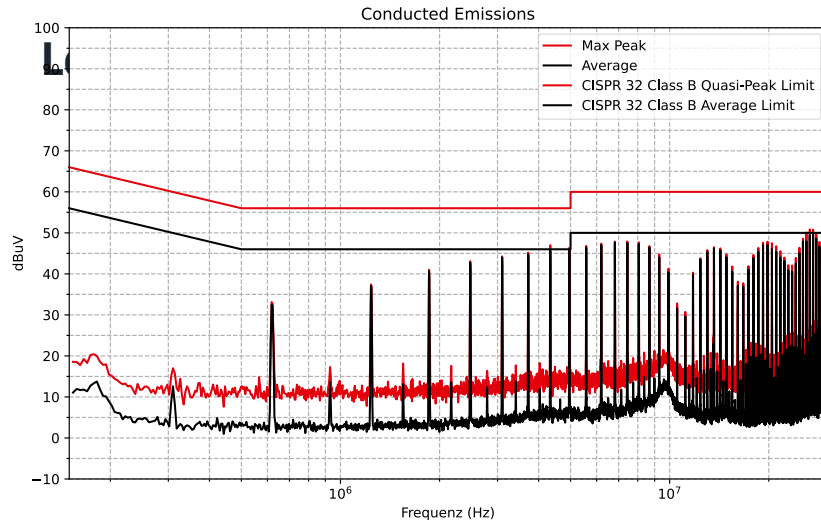
Conducted Emissions



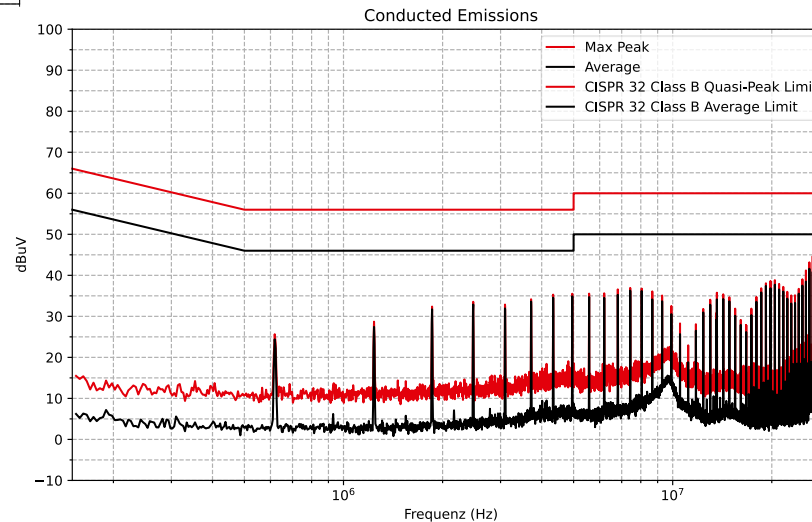
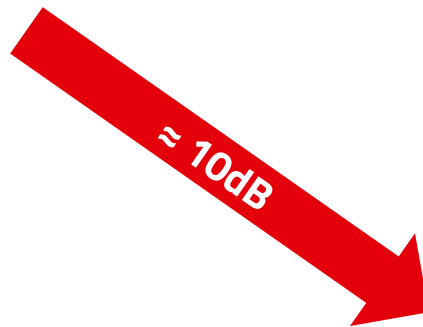
≈ 0dB

Realisierte Designs-Power Module

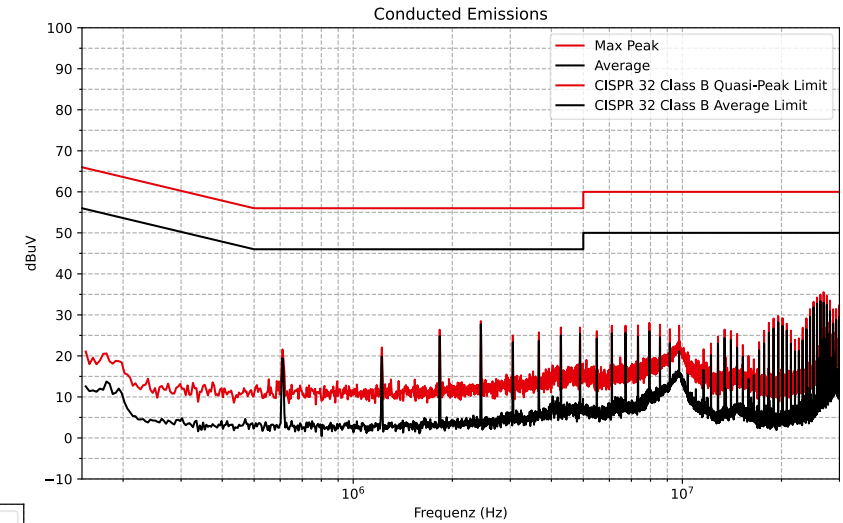
Leitungsgebundene EMV - 2 Lagen ohne Y-Kondensator → mit diskretem Y-Kondensator → Evaluation Board



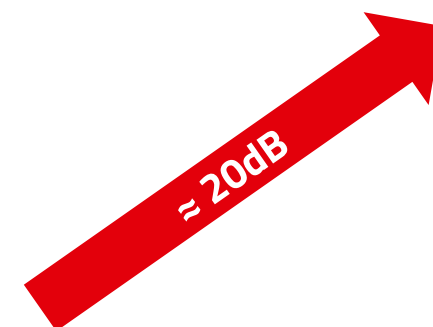
→ $C_Y = \text{ca. } 14\text{pF}$



→ $C_Y = \text{ca. } 100\text{pF}$



→ $C_Y = \text{ca. } 470\text{pF}$



Realisierte Designs-Power Module

Zusammenfassung: EMV-Verhalten Stitching Y-Kondensator

Version	Beschreibung	Kapazität	EMV-Bewertung
1	Zwei Lagen ohne Y-Kondensator	$\approx 14 \text{ pF}$	Zu knapp
2	Zwei Lagen mit integriertem Y-Kondensator unter Beibehaltung der Kriechstrecken gleich der Modul Kriechstrecken	$\approx 130 \text{ pF}$	Gut
3	Vier lagen mit getrennter primärer GND-Fläche auf TOP und BOTTOM Lage	$\approx 920 \text{ pF}$	Besser
4	Vier Lagen mit max. Kapazität	$\approx 1400 \text{ pF}$	Besser, kaum Unterschied zu 3

Realisierte Designs-Power Module

Zusammenfassung: Diskret oder Stitching Y-Kondensator

Y-Kondensator: diskret im Vergleich zum Stitching Kondensator?

→ Stitching Kondensator kann immer verwendet werden.

Vorteile:

- Die BOM reduziert sich.
- Ist immer verfügbar da integraler Bestandteil des Layouts.
- Keine extra Kosten.
- Die Isolationsabstände können definierter eingehalten werden.
- Isolationstypen wie „verstärkte Isolation“ können leicht realisiert werden.

Nachteile:

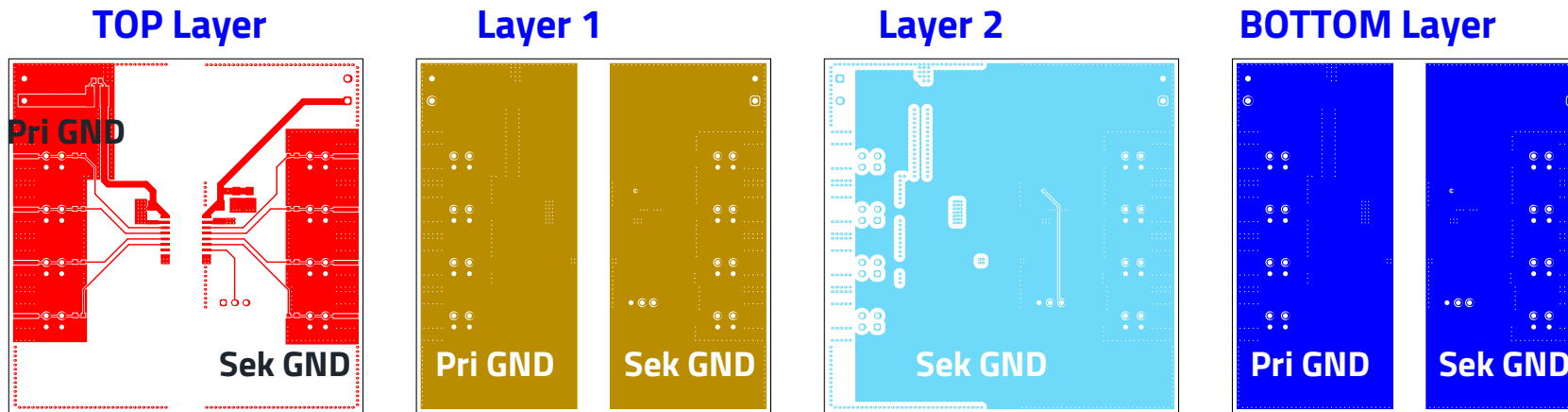
- Muss von Anfang an im Layout beachtet werden.
- Ein Austausch ist nur durch ein neues Layout möglich.
- Je nach Layout mehr oder weniger leicht zu realisieren.
- Leiterplatte und nicht nur in der BOM.



REALISIERTE DESIGNS DIGITALE ISOLATOREN

Realisierte Designs-Digitale Isolatoren

Layout Version 1 – 4 Lagen mit ca. 600pF integriertem Y-Kondensator



Schematischer Aufbau:



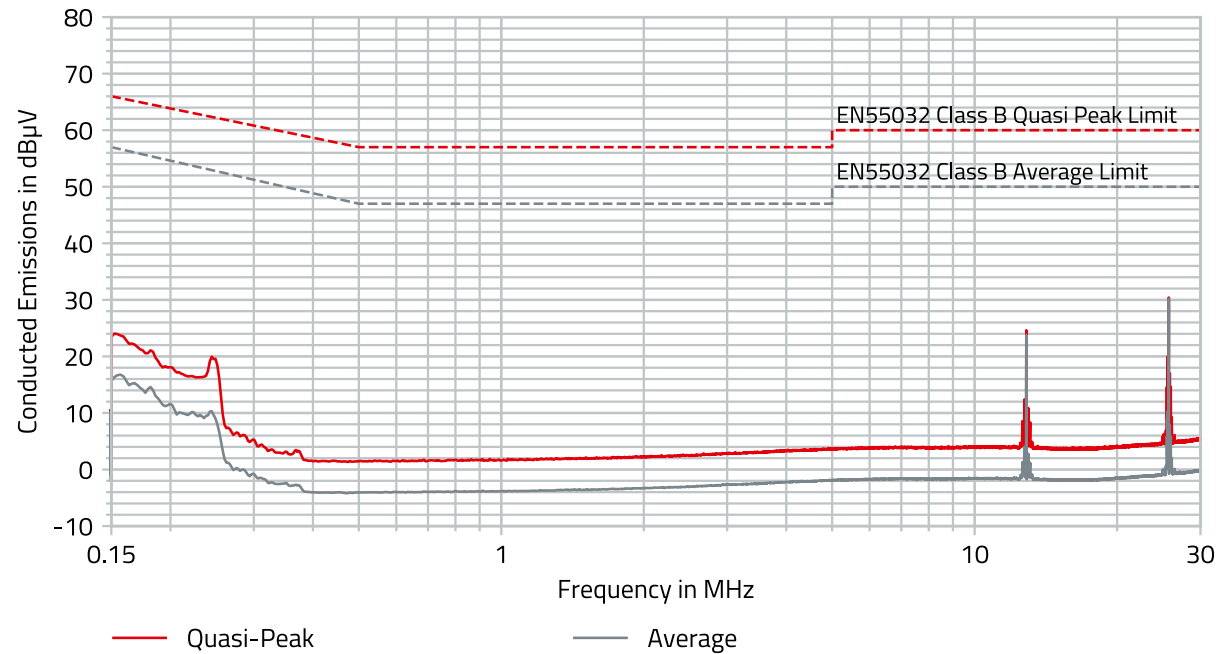
Effektive Kapazität

→ C_{PCB} : ca. 600pF = Y-Cap

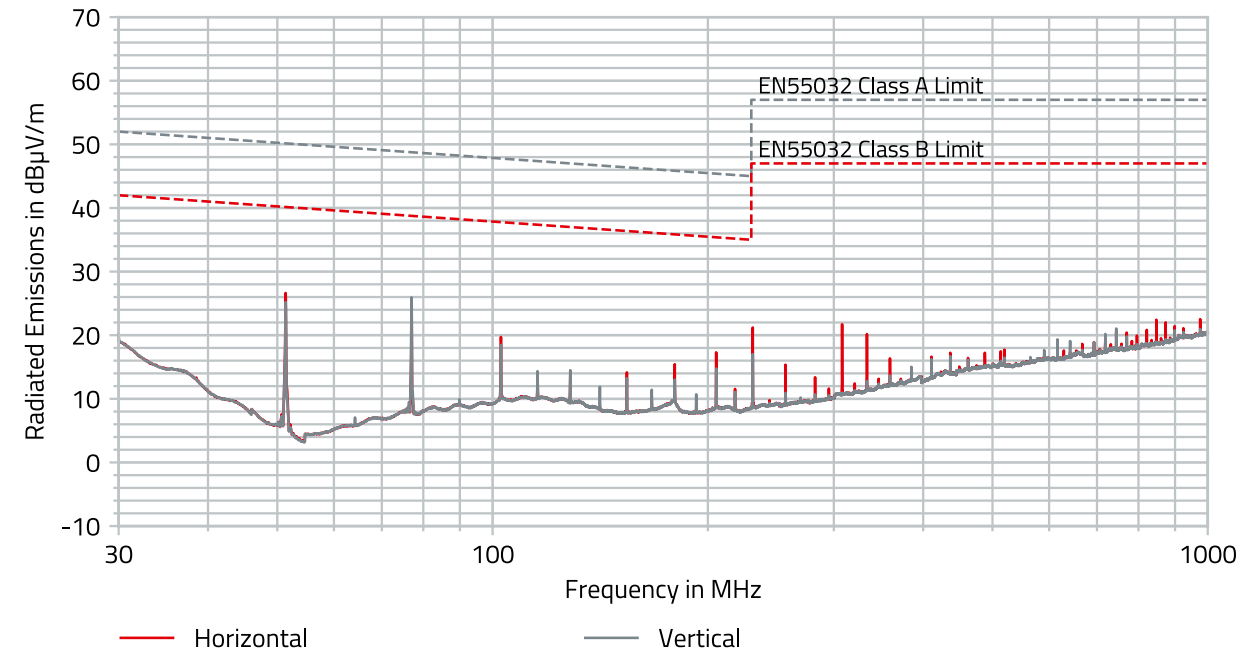
Realisierte Designs-Digitale Isolatoren

4 Lagen mit ca. 600pF integriertem Y-Kondensator

Conducted emissions

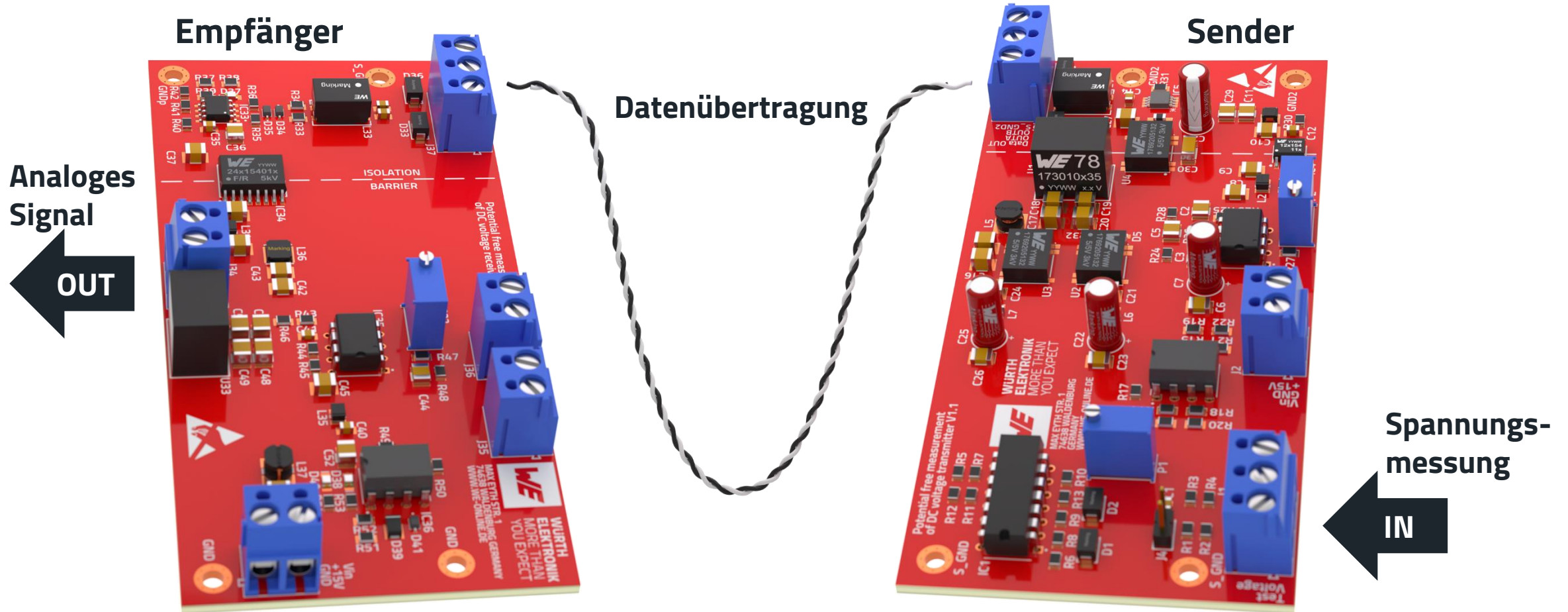


Radiated emissions



Realisierte Designs-Digitale Isolatoren

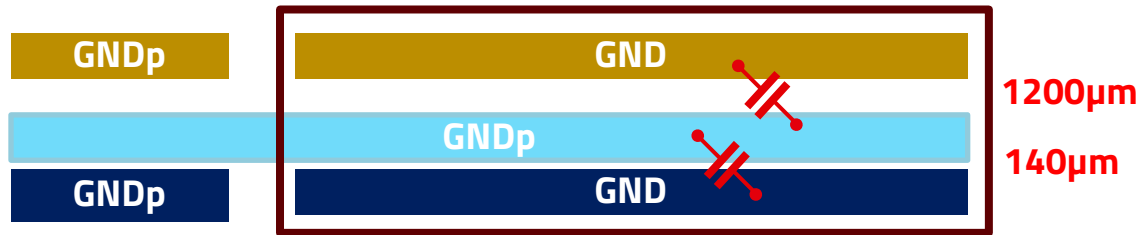
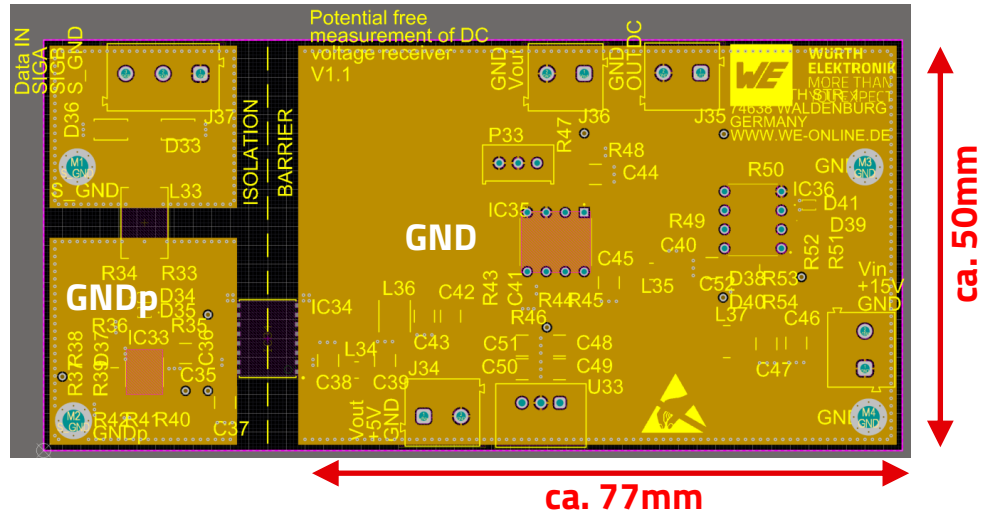
Potentialfreie Spannungsmessung – Sender und Empfänger Schaltung



Realisierte Designs-Digitale Isolatoren

Layout Version 2 – 4 Lagen mit ca. 1000pF integriertem Y-Kondensator - Empfänger

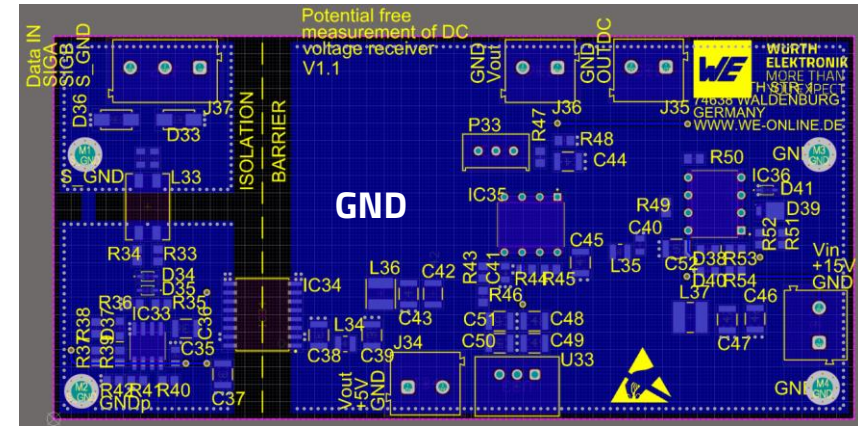
Internal 1 Layer



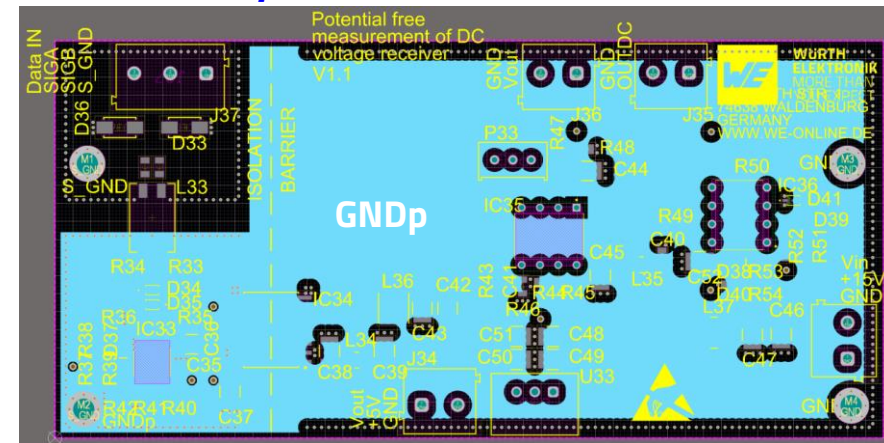
Effektive Kapazität:

→ C_{PCB} : ca. 1nF = Y-Cap

BOTTOM Layer



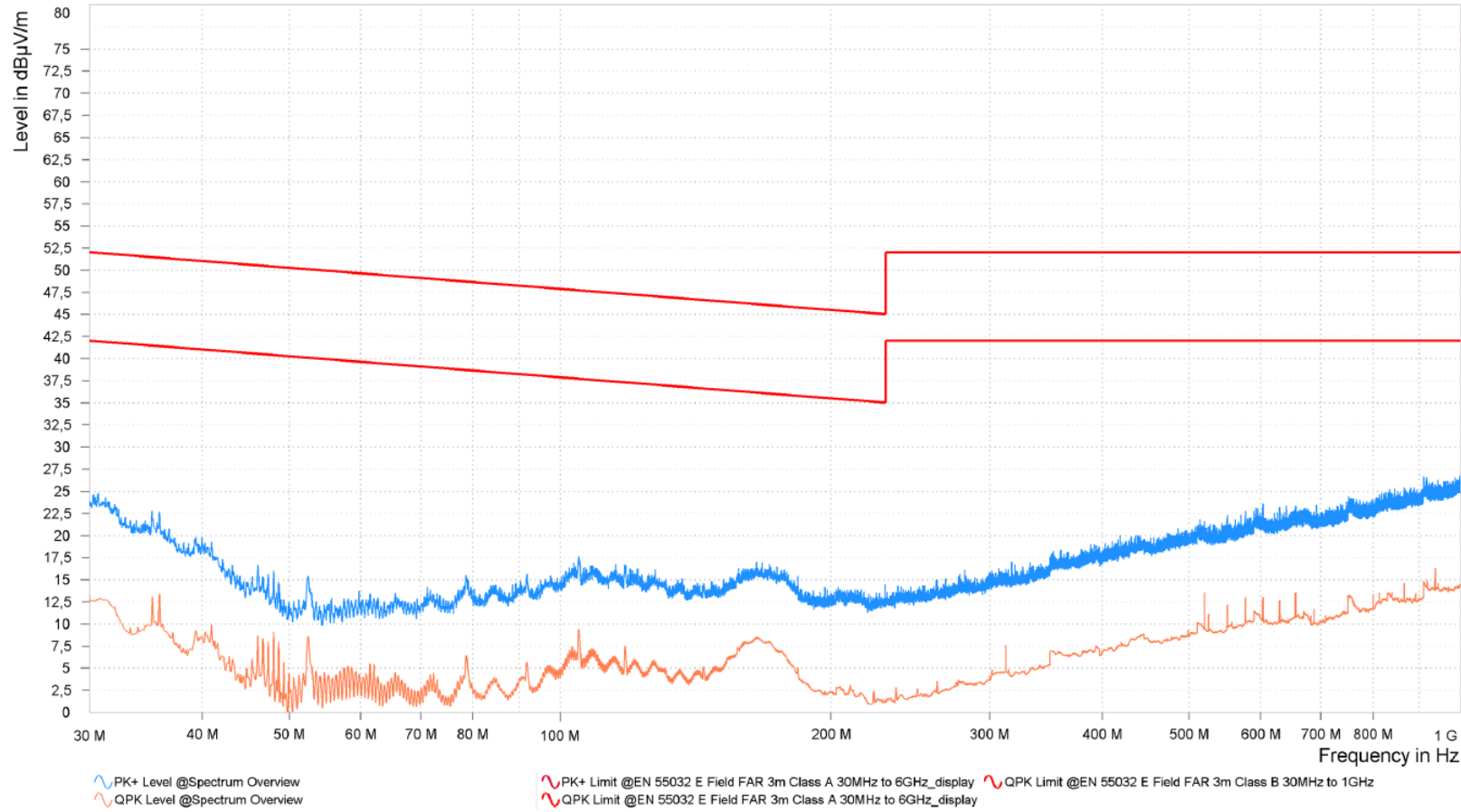
Internal 2 Layer



Realisierte Designs-Digitale Isolatoren

Ergebnisse EMV Messung (Abgestrahlt) 4-Lagen mit PCB-Koppelkapazität als Y-Kapazität

Empfänger

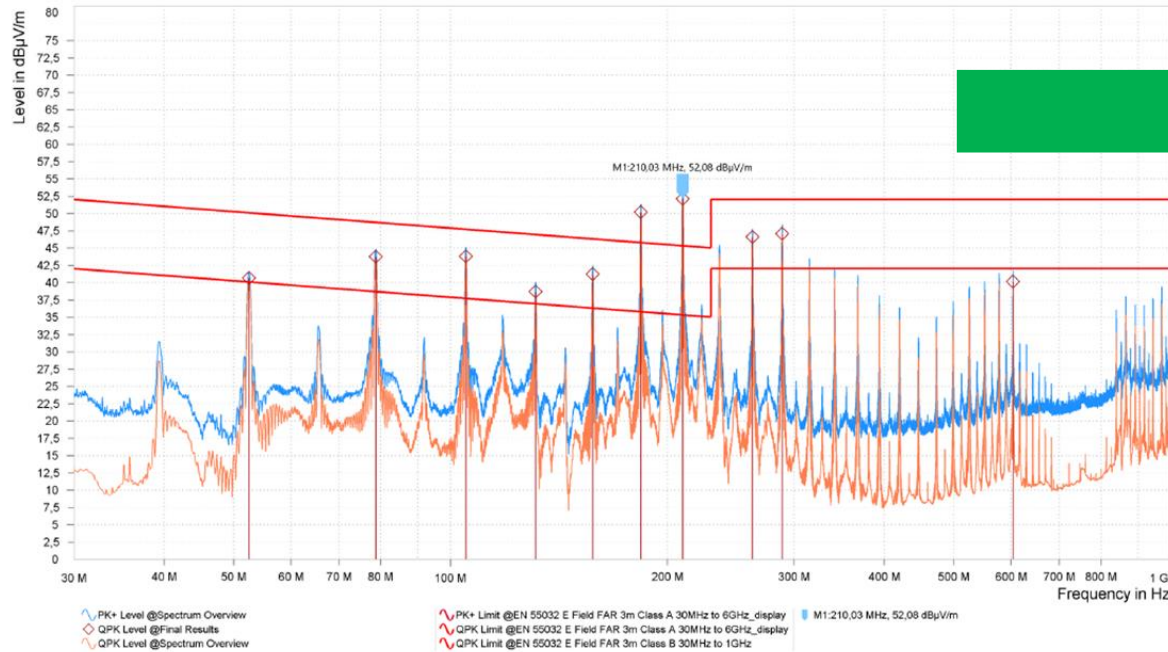


- 4-Lagen PCB
- Y-Cap ca. 1nF durch Überlagerung der Lagen

Realisierte Designs-Digitale Isolatoren

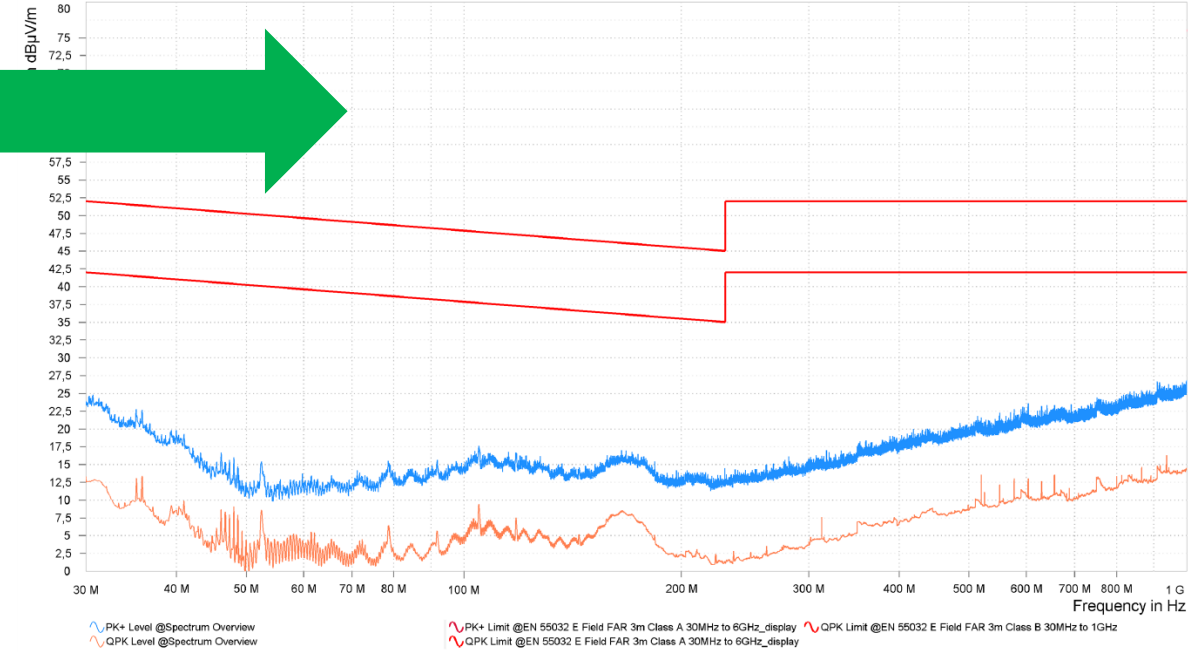
Ergebnisse EMV Messung 4-Lagen mit PCB-Koppelkapazität als Y-Kapazität

Empfänger



- Batterie gespeist
- Sender außerhalb der Kammer
- 2-Lagen PCB

Empfänger

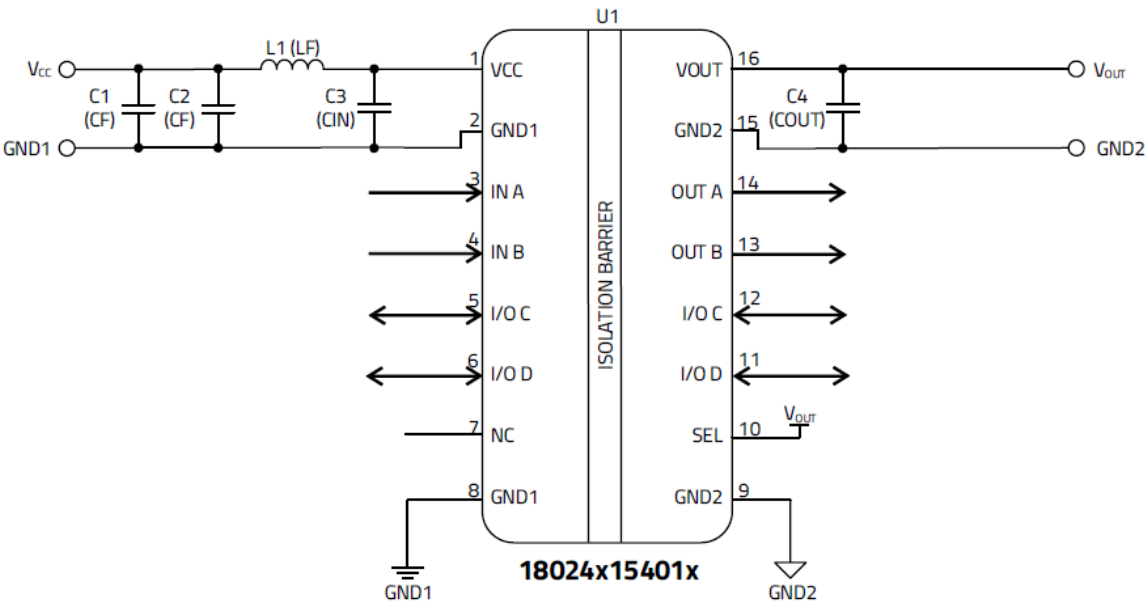
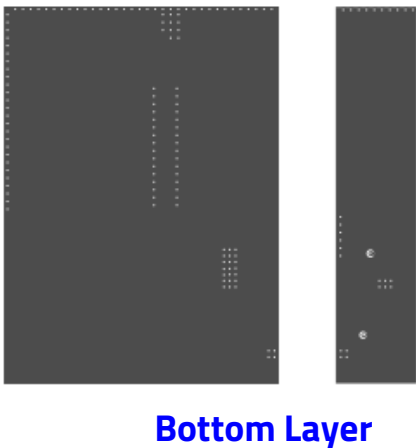
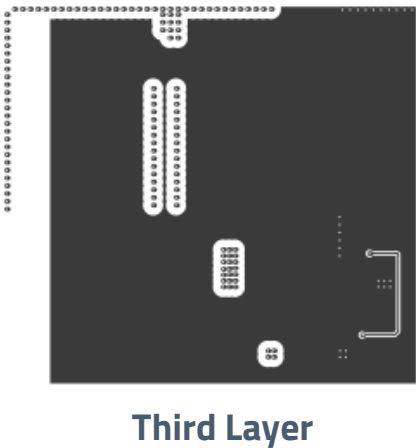
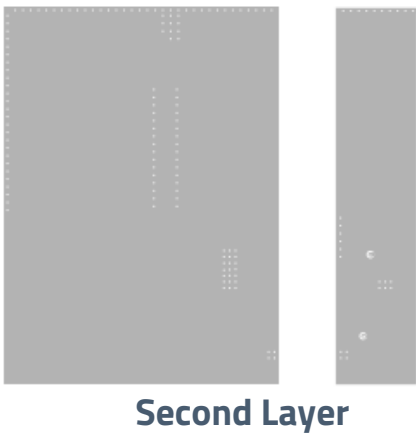
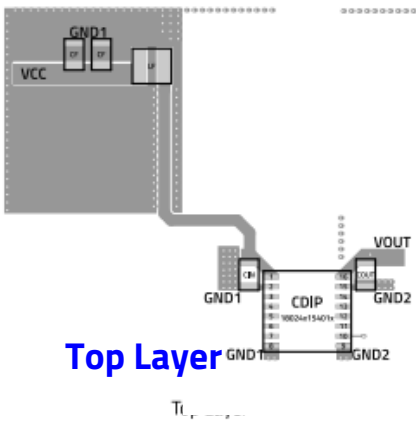


- 4-Lagen PCB
- Y-Cap ca. 1nF durch Überlagerung der Lagen

DESIGN-IN SUPPORT

Service & Support

Design Example - Layoutempfehlung aus dem Datenblatt



DESIGNATOR	DESCRIPTION	FUNCTION
U1	Digital Isolator	Digital Isolator
L1	Filter inductor, 4.7μH, PD2 family, I _{SAT} = 2.46A, I _R = 1.82A	Input Filter
C1, C2, C3, C4	Ceramic chip capacitor 10μF/15V X7R, 1210	Input and Output Filter

Service & Support

Contacts Support Hotline



Roland Kratz



Alexander Zeller



Martin Sittner

Contacts BDM



Steffen.Wolf@we-online.de



Dimitri.Kozlov@we-online.de



Kaveri.Onkar@we-online.de



Arndt.Schmidt@we-online.de

Services

powermodules@we-online.de



Design-In Support



EMC Filter Design Support



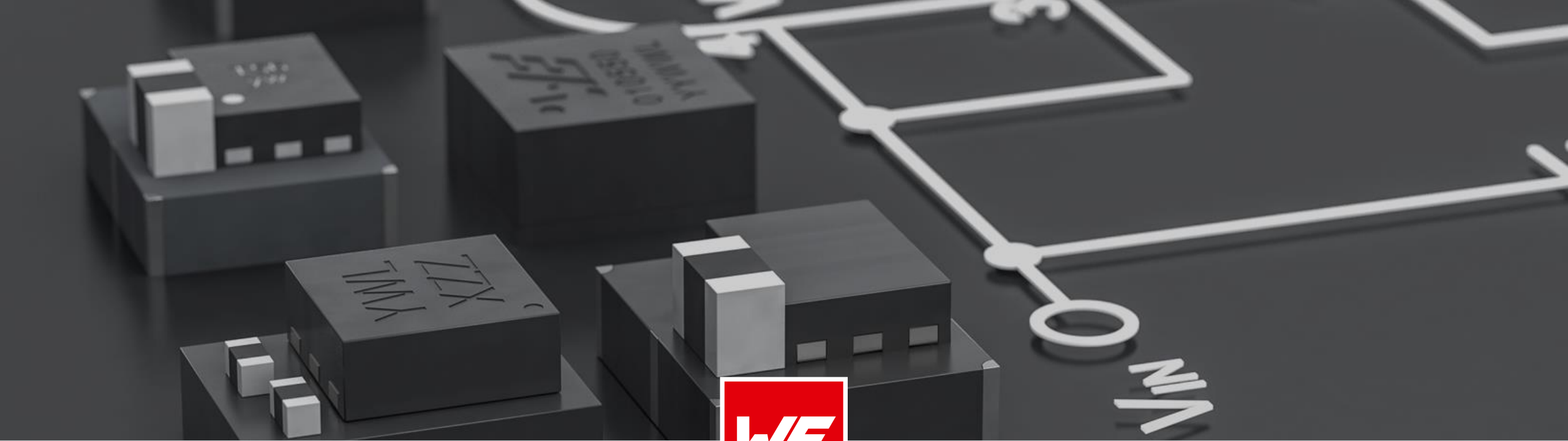
Layout Review Support



Thermal Design Support

Services

- **ADM trainings**
- **ADM basic technical support**
- **ADM pricing and lead time support**
- **Customer trainings/seminars**
- **Visit focus customers**
- **Business tracking / reports**
- **Sales app (define and provide content)**
- **Sales tools (Product Overview, Show Boards)**



**Vielen Dank für
Ihre
Aufmerksamkeit!**

REDUZIERUNG DER STÜCKLISTE UND
VERBESSERUNG DER GLEICHTAKT
RAUSCHUNTERDRÜCKUNG

Timur Uludag

WÜRTH ELEKTRONIK MORE THAN YOU EXPECT