

MicroModule Design-In leicht gemacht - Tipps und Tricks zur Überwindung von EMI und thermischen Hindernissen



Timur Uludag
Dipl. Ing. (FH)
Senior Technical Marketing
Manager

Agenda



- MicroModule Applikationen
- Grundlegende Überlegungen zum Layout
- EMV Konformität
- Wärmemanagement
- Produktionsanforderungen

MicroModule Applikationen

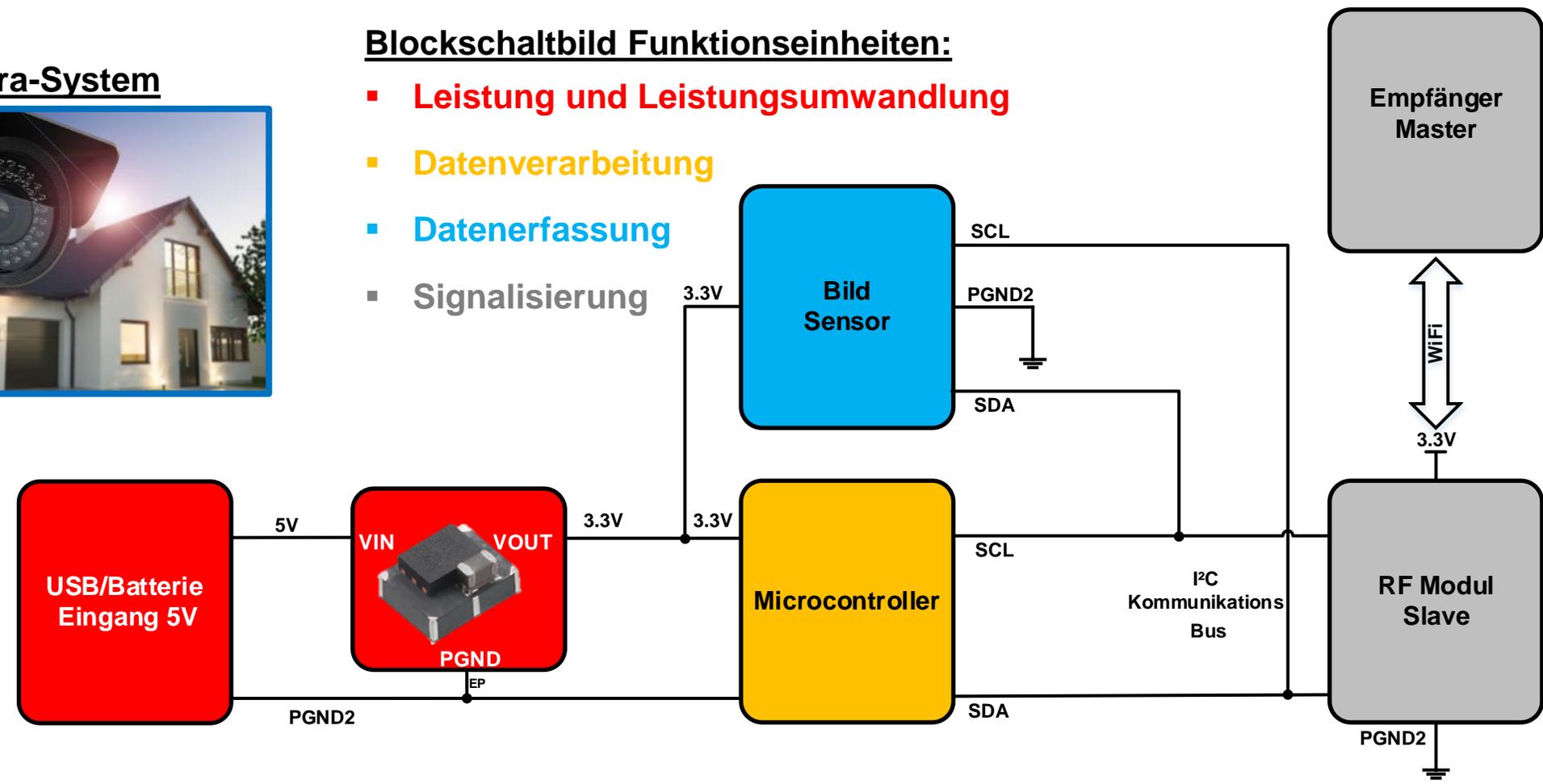
Grundstruktur eines Sicherheitssystems – Applikation Beispiel

Kamera-System



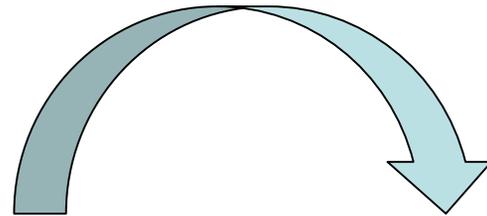
Blockschaltbild Funktionseinheiten:

- Leistung und Leistungsumwandlung
- Datenverarbeitung
- Datenerfassung
- Signalisierung

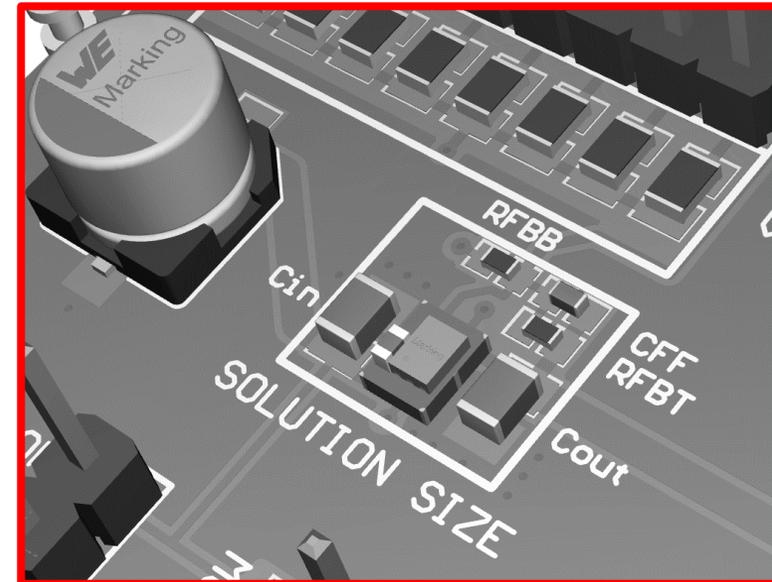


Grundlegende Überlegungen zum Layout

Vom Schaltplan zum Layout - Design Prozess



Wie kommt man von einem Stromlaufplan zu einem realen Layout?



Grundlegende Überlegungen zum Layout

Layout-Daten für allgemeine Zwecke

Produkt Seiten

	Order Code	Data-sheet	Simulation	Downloads	V _{in} (V)	V _{out} (V)	I _{out} (A)	Version	L (mm)	W (mm)	H (mm)	Evaluation Board	Samples
	171960501	SPEC	RE	STP ALT EAG CAD	2.7 - 5.5	0.6 - 5.5	0.6	Mode Select	3.2	2.5	1.6	178960501	1
	171010502	SPEC	RE	STP ALT EAG CAD	2.5 - 5.5	0.8 - 5.5	1	Mode Select	3.2	2.5	1.6	178010502	1
	171010550	SPEC	RE	STP ALT EAG CAD	2.5 - 5.5	0.8 - 5.5	1.2	Mode Select	2.5	2.5	1.2	178010550	1
NEW	171010501	SPEC	RE	STP ALT EAG CAD IGS	2.5 - 5.5	0.8 - 5.5	1	Power Good	3.2	2.5	1.6	178010501	1

Verschiedene produktbezogene Dateitypen (Step, Altium-Bibliothek usw.) zum kostenlosen Download

<https://www.we-online.de/katalog/en/MAGIC-VDMM>

Evaluation Board Seiten:

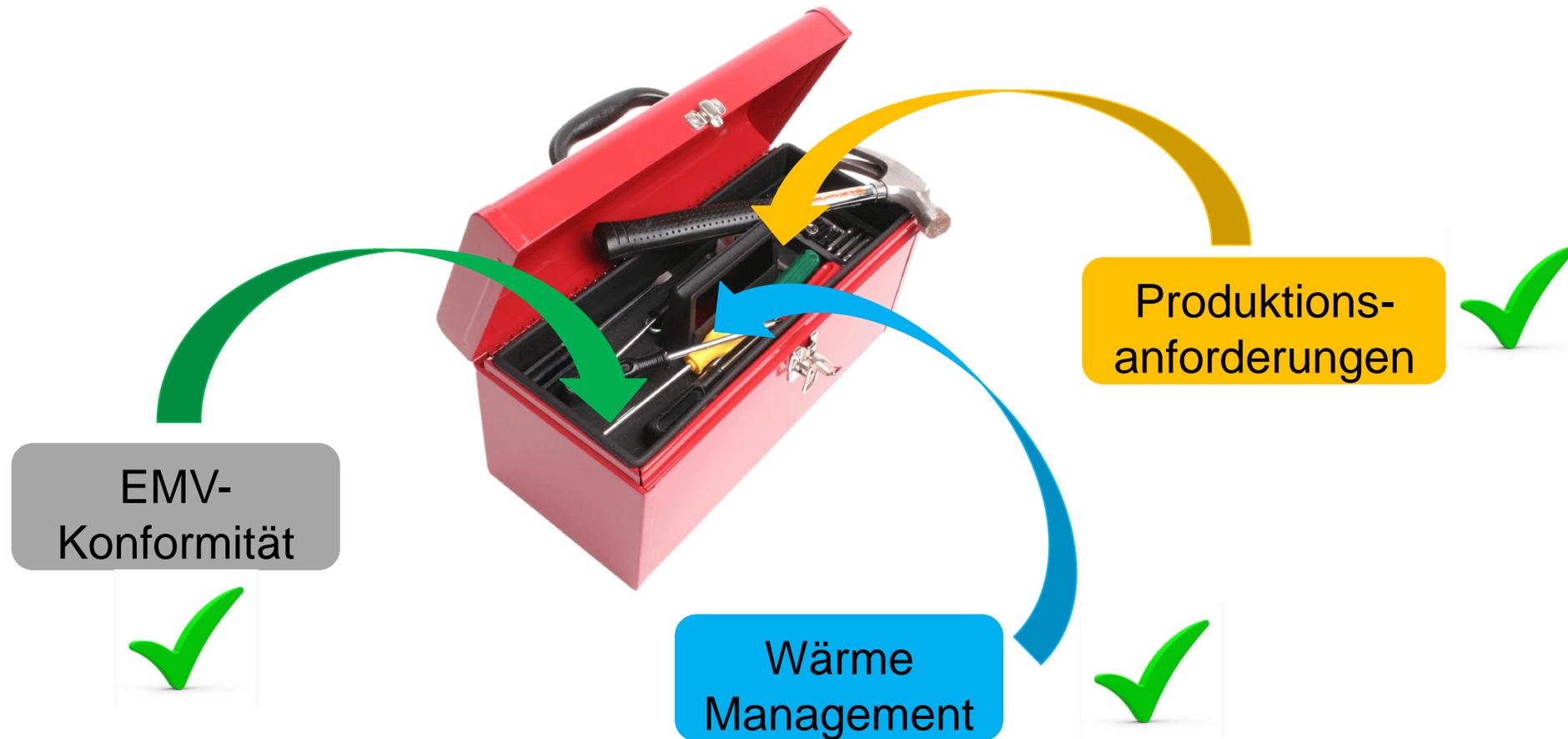
	Order Code	Data-sheet	Downloads	V _{in} (V)	V _{out} (V)	I _{out} (A)	Power Module	Offer
NEW	178010501	SPEC	GBR ALT	2.5 - 5.5	0.8 - 5.5	1	171010501	1
	178010502	SPEC	GBR ALT	2.5 - 5.5	0.8 - 5.5	1	171010502	1
	178010550	SPEC	GBR ALT	2.3 - 5.5	0.8 - 5.5	1.2	171010550	1

Gerberdateien für die Produktion und Layoutdateien zum kostenlosen Download

https://www.we-online.de/katalog/en/EVAL_BOARDS_VDRM

Grundlegende Überlegungen zum Layout

Wesentliche Layout-Werkzeuge - Die drei Grundvoraussetzungen

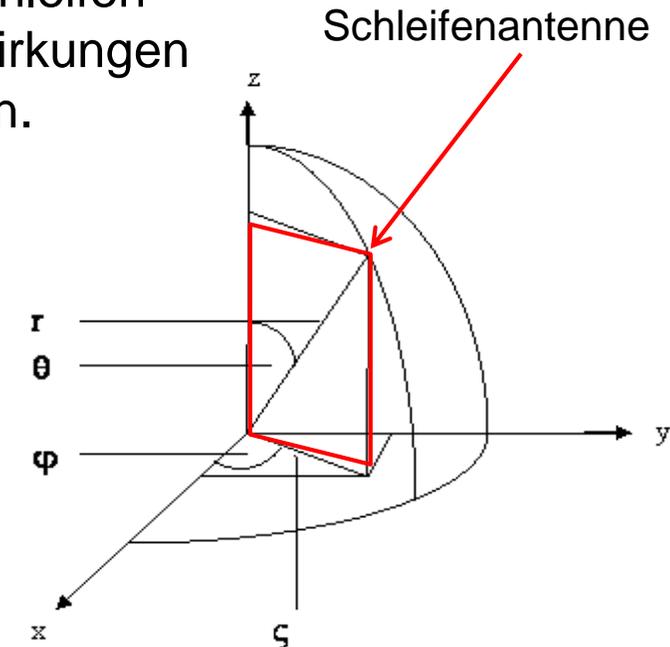


EMV Konformität

Antennen-Grundlagen

Jede Leiterbahnschleife hat eine Antennencharakteristik

- Die Abstrahlung erfolgt von allen Leistungs- und Signalschleifen mit einem Wechselstrom di/dt . Die Minimierung der Auswirkungen dieses Stroms im EMI-Spektrum wird unser Hauptziel sein.
- Die Feldstärke hängt ab von :
 - Schleifengröße
 - Amplitude von I_{AC}
 - Frequenz
 - Abstand zwischen Störungsquelle und Störungssenke



EMV Konformität

Trace Länge Abgestrahlte EMV



Formel und Beispiel

Feldstärke der Stromschleife (Gegentakt)

$$E = \frac{K \cdot (f^2 \cdot A \cdot I)}{r}$$

Beispiel-Berechnung:

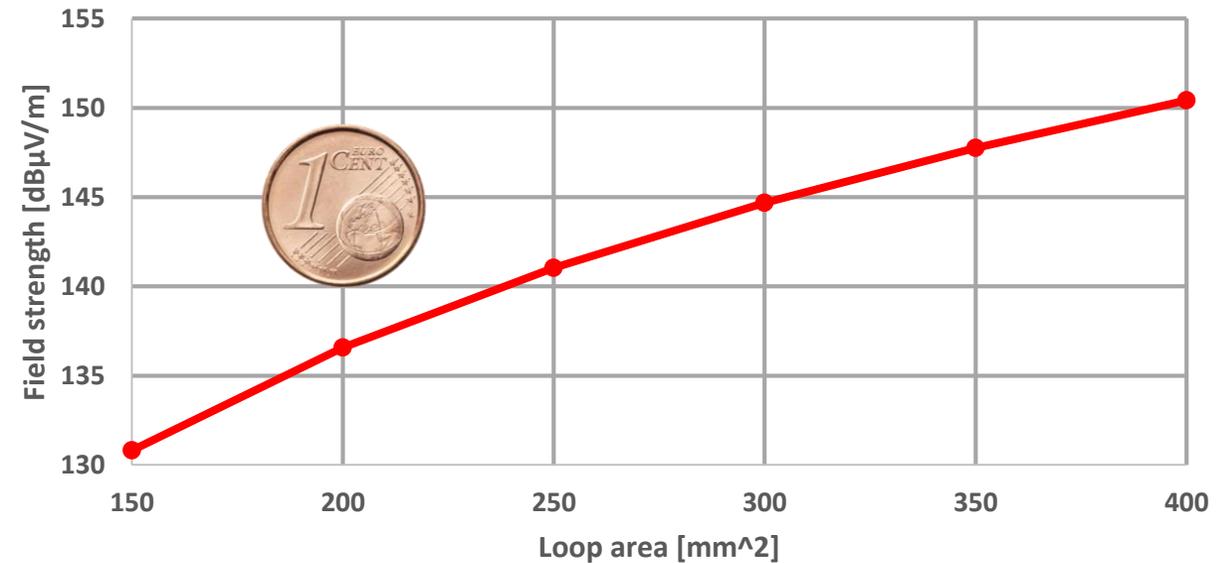
$$K = 131 \cdot 10^{-16} \quad f = 50 \text{ MHz}$$

$$A = 200 \text{ mm}^2 \quad I = 0.68 \text{ A} \quad r = 10 \text{ m}$$

$$E = \frac{131 \cdot 10^{-16} \cdot ((50 \text{ MHz})^2 \cdot 200 \text{ mm}^2 \cdot 0.68 \text{ A})}{10 \text{ m}} = 924 \frac{\mu\text{V}}{\text{m}}$$

$$E = 20 * \log \left(\frac{924^{-16}}{1 * 10^{-6}} \right) = 136 \frac{\text{dB}\mu\text{V}}{\text{m}}$$

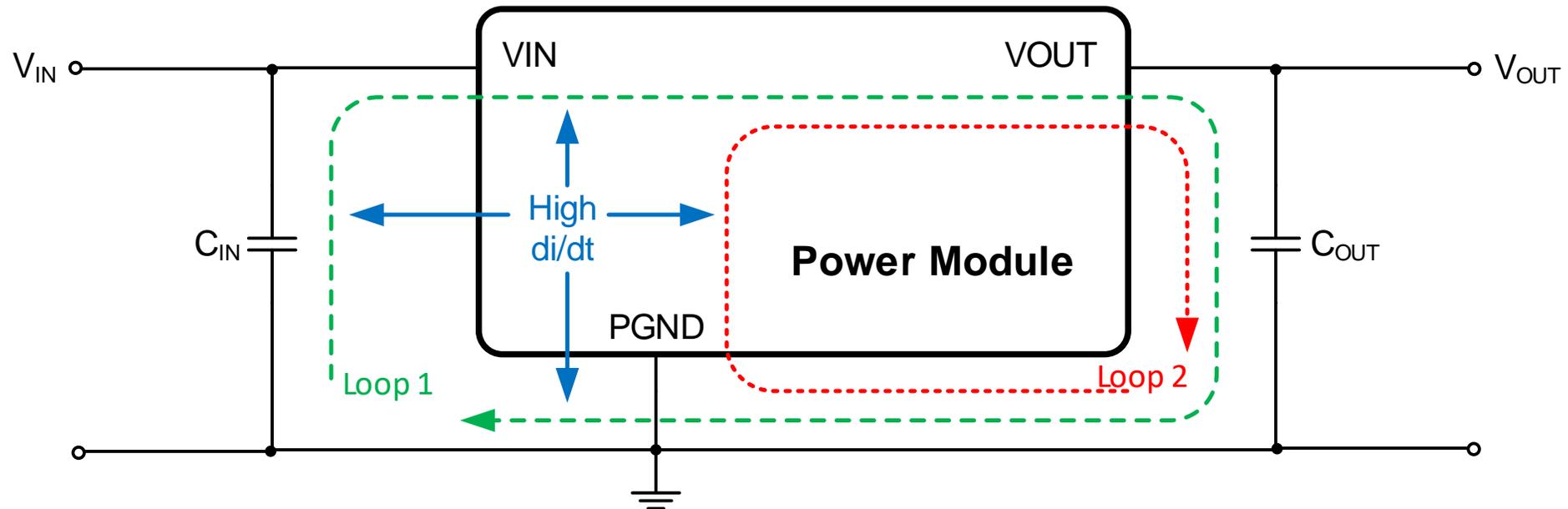
Field strength over loop area



EMV Konformität

Kritische Stromschleifen – Top Level Ansicht

Block Diagramm



**Loop 1: Antenne für Wechselstrom
Fluss während On Time**

**Loop 2: Antenne für Wechselstrom
Fluss während Off Time**

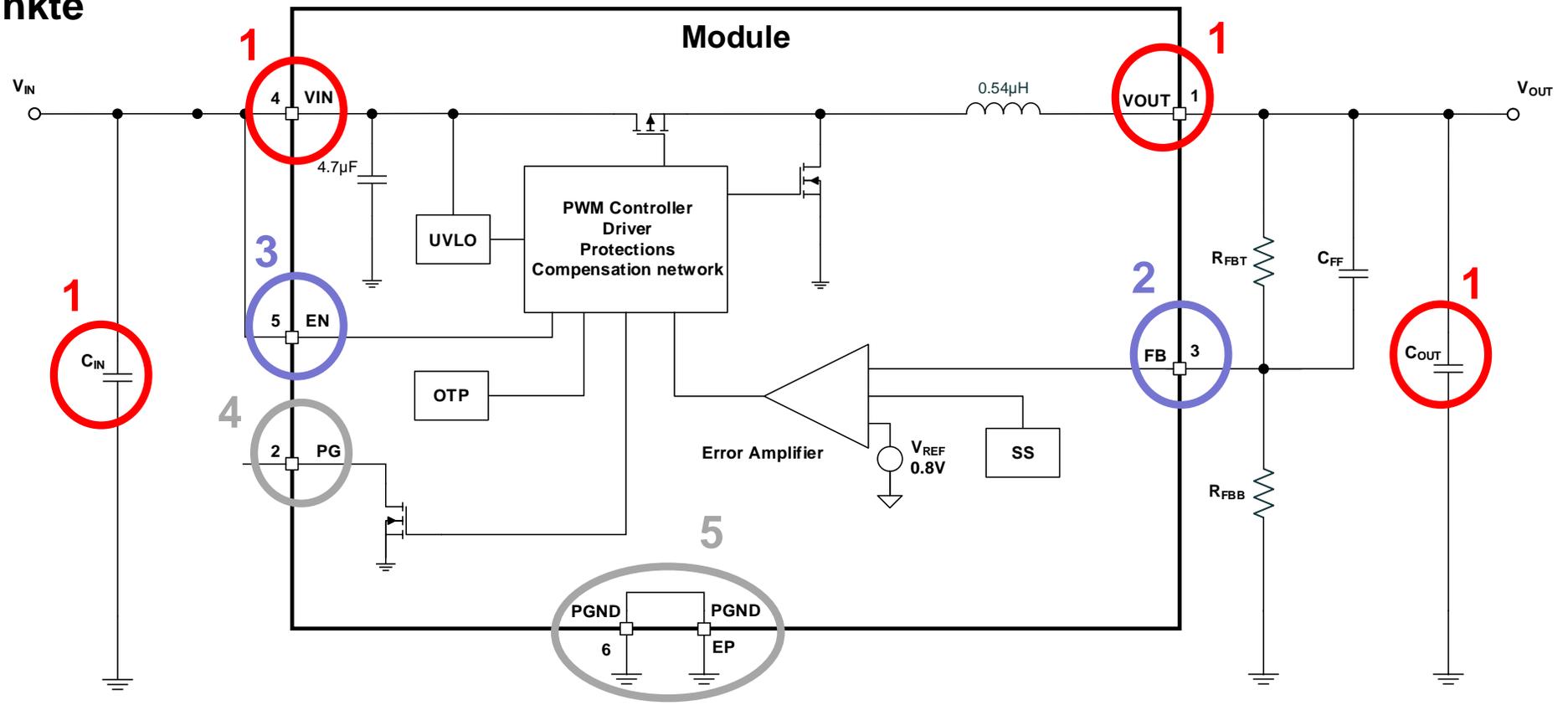
Quelle der Strahlungsemission



MicroModules EMV Konformität

Layout-Anforderungen für 171010501 (Blockdiagramm)

Kritische Punkte



Rausch-Sender

Rausch-Empfänger

Neutral

MicroModules EMV Konformität

Layout-Anforderungen 171010501 (Block Diagramm)



Überblick über die Anforderungen

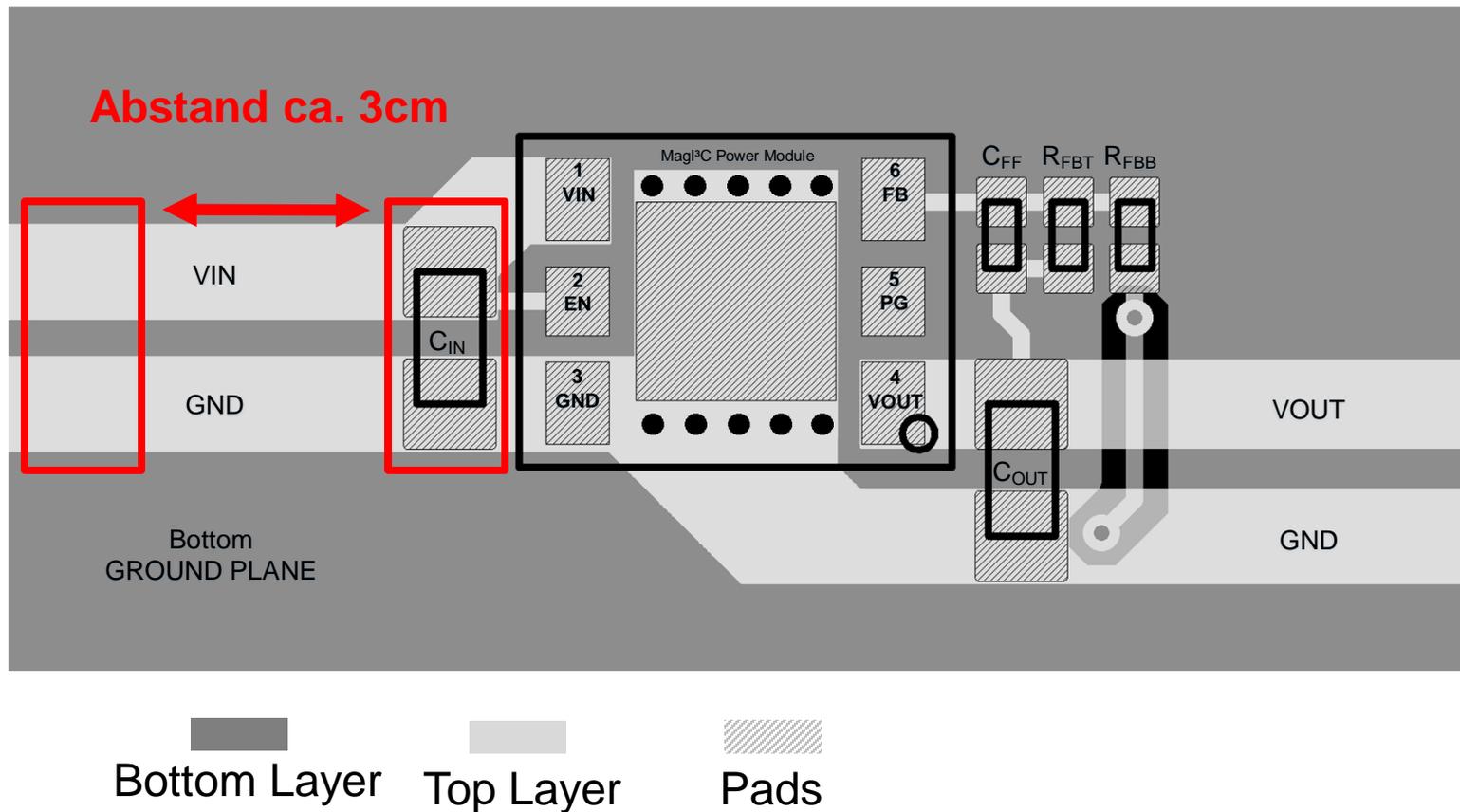
- 1) Die Schleife, die durch C_{IN} - VIN - VOUT - C_{OUT} erzeugt wird, ist die Quelle der Strahlungsemission
- 2) Der Rückkopplungs-Pin (FB-Pin) ist sehr empfindlich für jedes Rauschen, das hier eingespeist wird. Das Rauschen kann den Wert der geregelten Ausgangsspannung beeinflussen.
- 3) Der Enable-Pin (EN) ist empfindlich gegenüber jeglichem Rauschen, das hier eingespeist wird. Das Power Modul könnte unbeabsichtigt abgeschaltet werden
- 4) Der Power Good (PG)-Pin kann aus Sicht der EMV als neutral betrachtet werden.
- 5) Der PGND-Pin (Power Ground) kann aus EMV-Sicht als neutral betrachtet werden.

MicroModules EMV Konformität – Sender Sichtweise

Analyse Layout versus realer EMV Messung (abgestrahlt) - 171010501

Überlegungen zum Layout

C_{IN} weit entfernt vom V_{IN} Pad:



MicroModules EMV Konformität – Sender Sichtweise

Analyse Layout versus realer EMV Messung (abgestrahlt) - 171010501

Strahlungsemission, Kondensatoranordnung mit großem Abstand

Bedingungen: $V_{IN} = 5V$, $V_{OUT} = 3.3V$, $I_{OUT} = 1A$, C_{IN} weit entfernt vom V_{IN} Pad



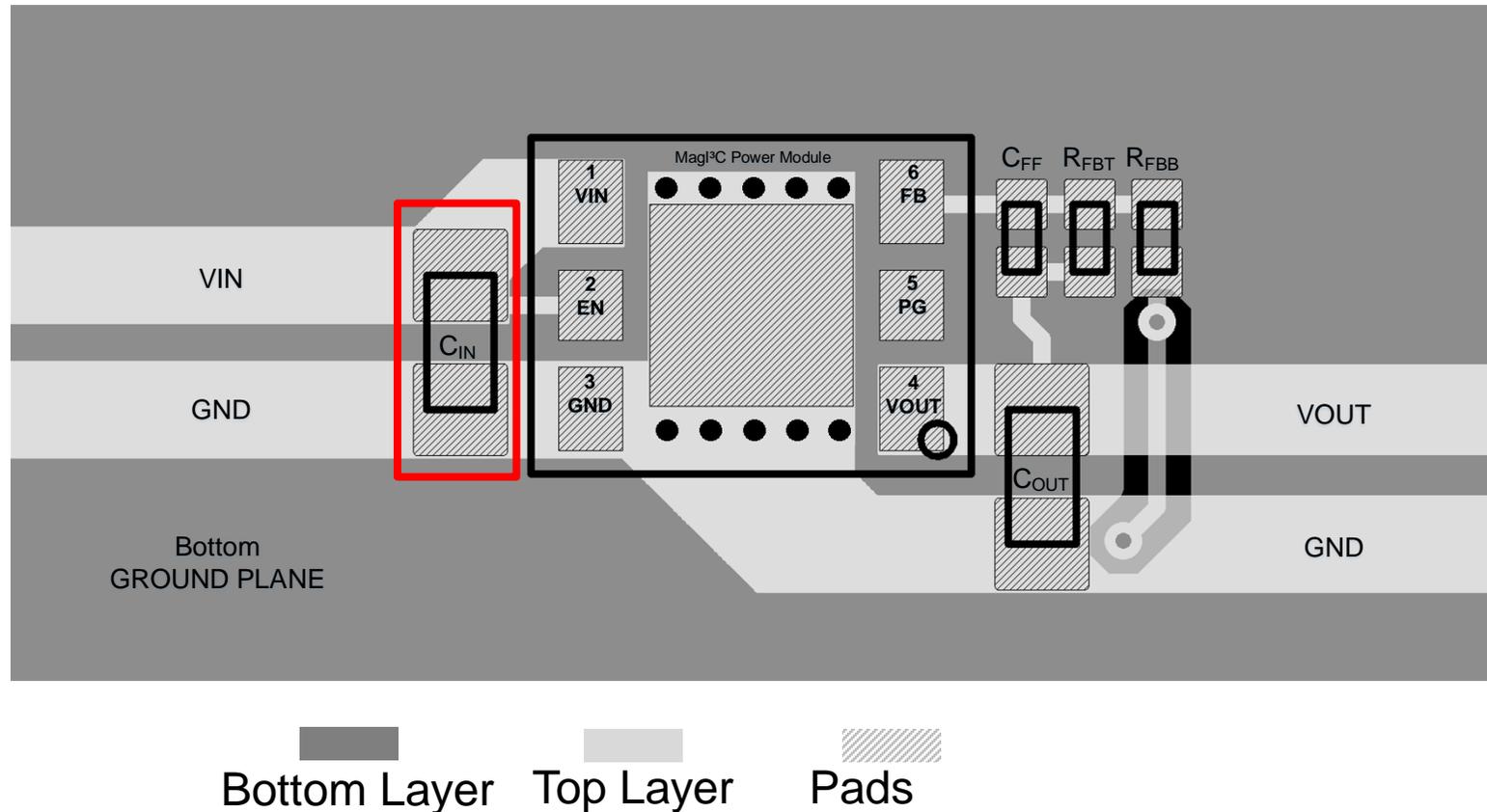
Legende:
Max Peak
Average

MicroModules EMV Konformität – Sender Sichtweise

Analyse Layout versus realer EMV Messung (abgestrahlt) - 171010501

Überlegungen zum Layout

C_{IN} nahe beim V_{IN} Pad:

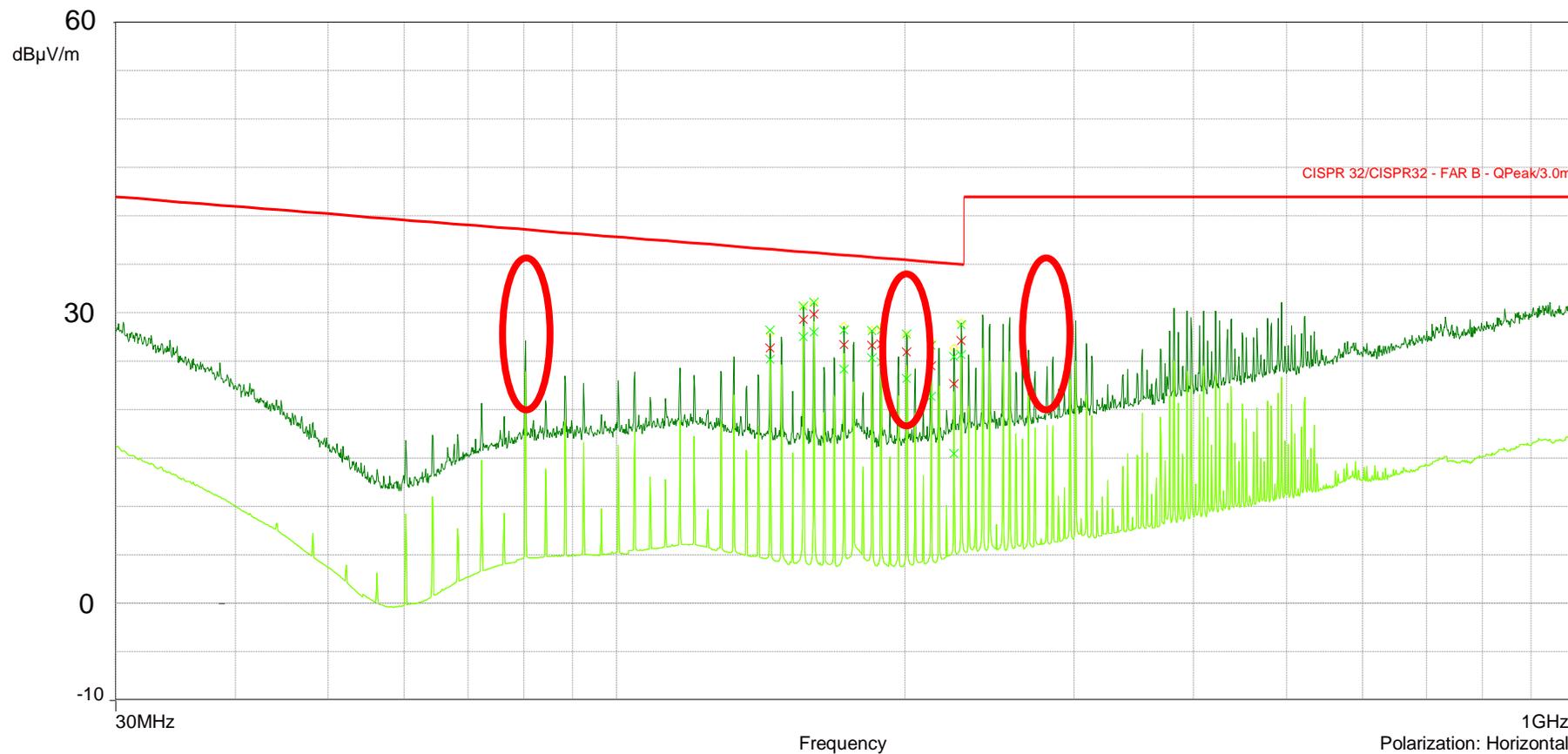


MicroModules EMV Konformität – Sender Sichtweise

Analyse Layout versus realer EMV Messung (abgestrahlt) - 171010501

Strahlungsemission, Kondensatoranordnung mit kurzem Abstand

Bedingungen: $V_{IN} = 5V$, $V_{OUT} = 3.3V$, $I_{OUT} = 1A$, C_{IN} nahe beim V_{IN} Pad



Legende:
Max Peak
Average

MicroModules EMV Konformität – Sender Sichtweise

Analyse Layout versus realer EMV Messung (abgestrahlt) - 171010501



Einfluss verschiedener C_{IN} -Positionen auf die Strahlungsemission - Schlussfolgerung

- Aufgrund der unterschiedlichen Positionen der C_{IN} wurde der effektive Stromschleifenbereich geändert.
- Eine vergrößerte Schleifenfläche führt zu einer erhöhten Emission, die von der Schleife abgestrahlt wird.
- Eine höhere abgestrahlte Feldstärke führt zu mehr "Störungen", die sich auf die Anwendung auswirken können.

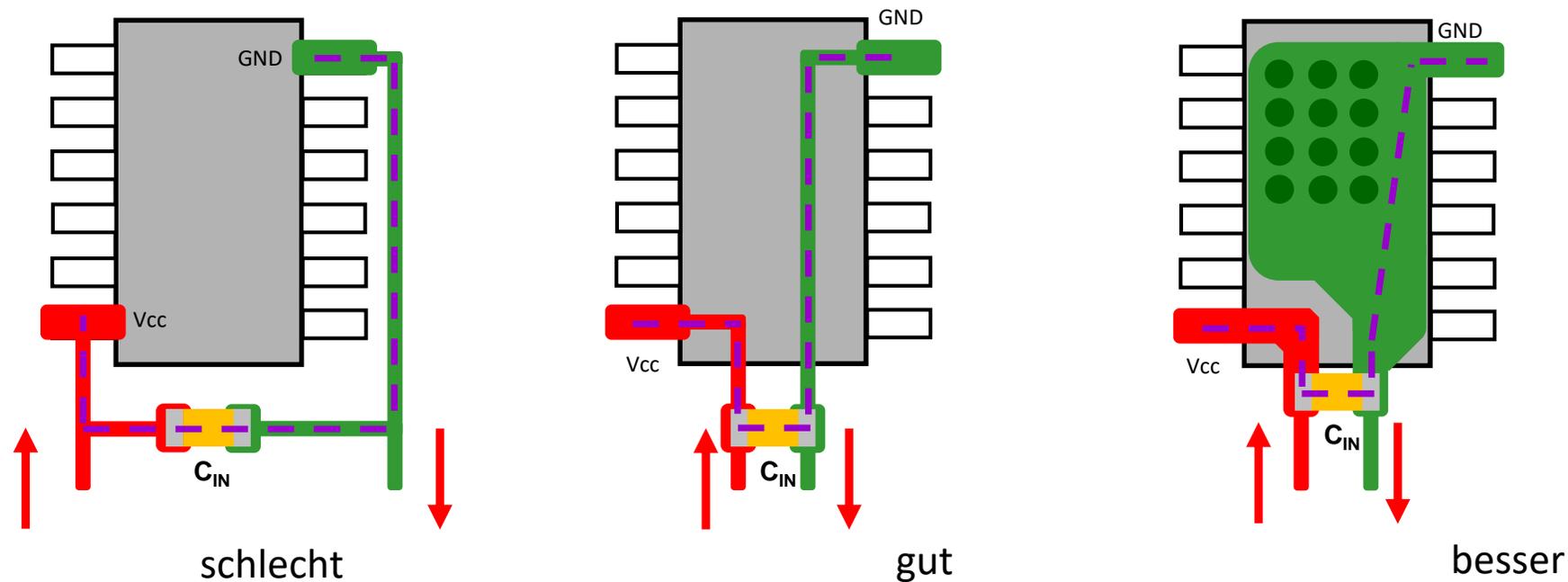
EMV Konformität – C_{IN} Platzierung Does & Don'ts

Beispiele für die Platzierung von C_{IN}

Überlegungen zum Layout

- Ladungspuffer für schnelle Laständerungen
- Verringerung der aufgespannten Fläche
- Niederinduktive Anbindung

— — — — — Strom durch Schleife

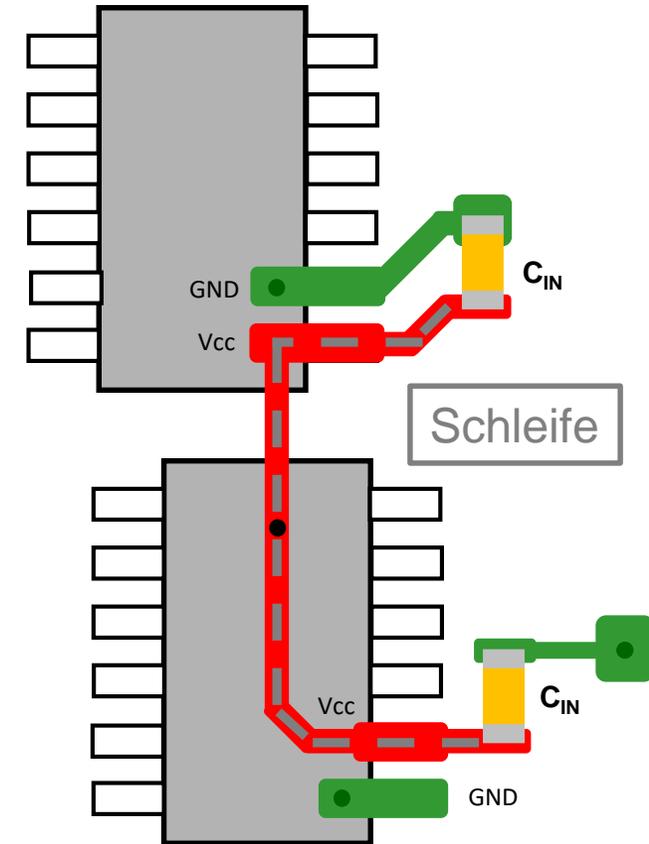
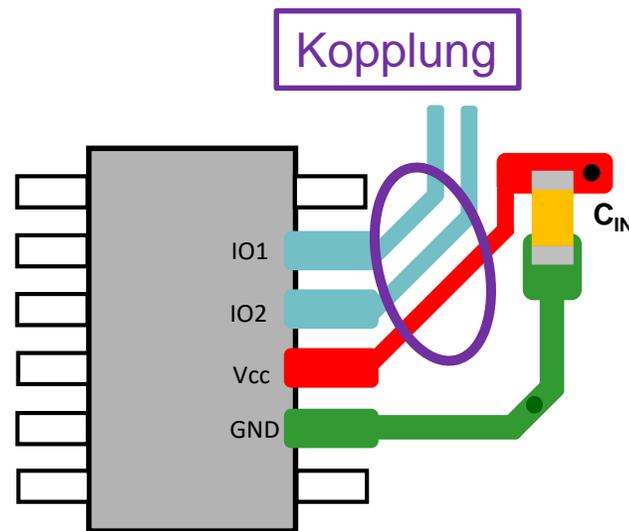
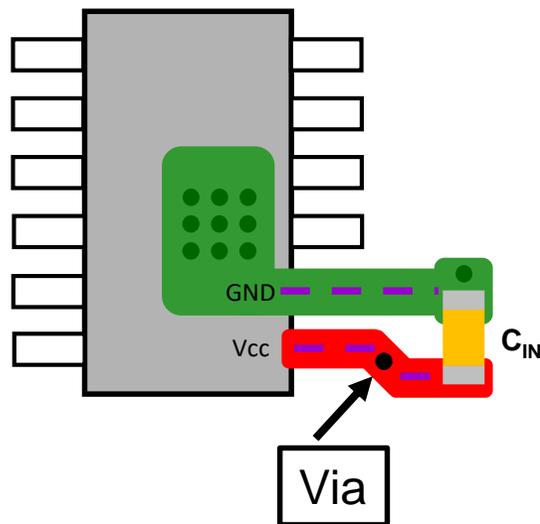


EMV Konformität – C_{IN} Platzierung Does & Don'ts

Beispiele für die Platzierung von C_{IN} - Schlechte Verbindung

Überlegungen zum Layout

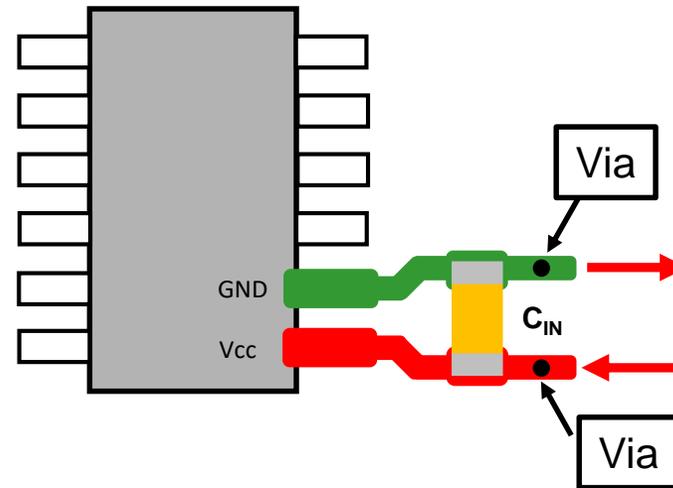
- Energieversorgung aus der Vcc-Lage nicht aus dem Kondensator
- Kopplung auf Nachbarpfade
- große Stromschleifen



EMV Konformität – CIN Platzierung Does & Don'ts

C_{IN} Platzierung - Optimale Verbindung

Überlegungen zum Layout

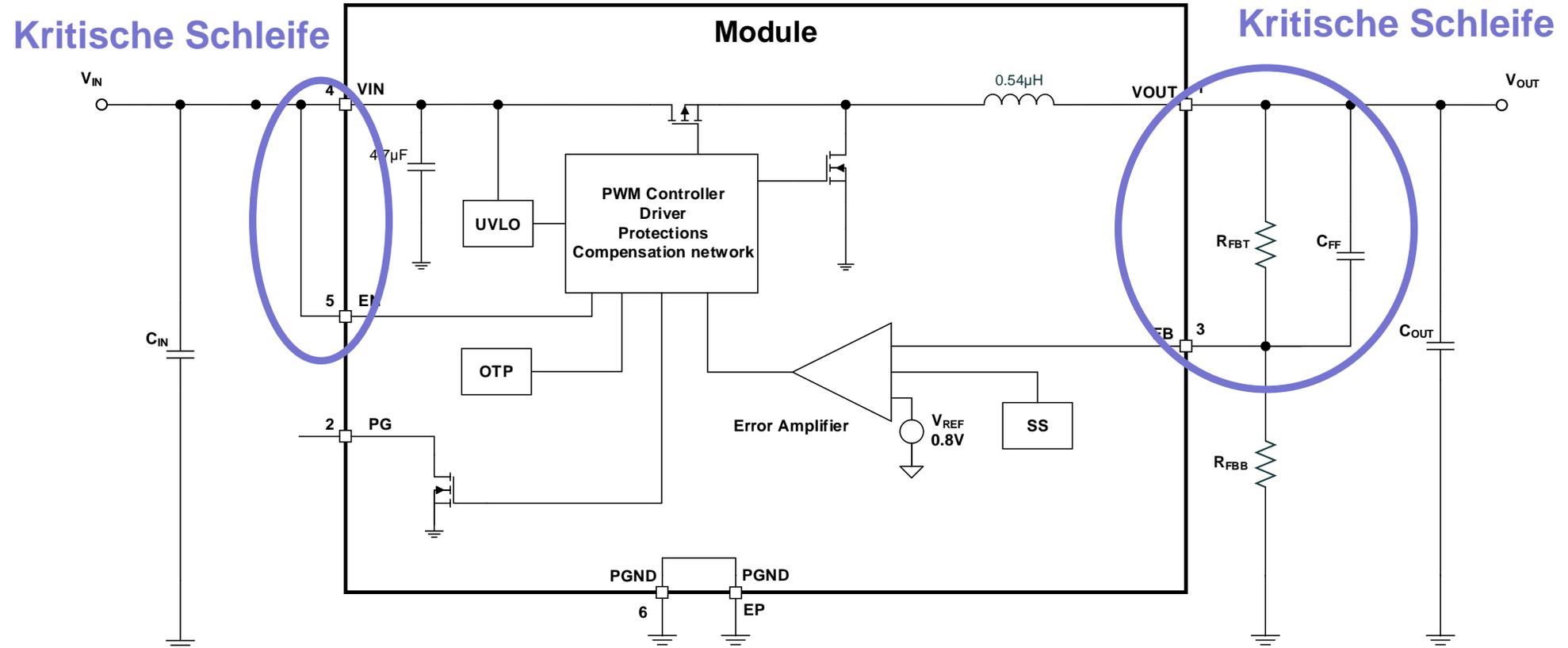


- hochfrequente Signalanteile werden direkt aus dem Kondensator gespeist
- Anbindung des Kondensators so niederimpedant und symmetrisch wie möglich
- Bei flächiger Ausführung von Vcc und Masse wird Energie zusätzlich aus der Fläche entnommen (Plattenkondensator).

Die C_{IN} -Platzierung gilt hier für den Anschluss eines Vcc-Pins, der entkoppelt werden muss (Power Modul, Digital-IC usw.).

MicroModules EMV Konformität – Empfänger Sichtweise

Layout-Anforderungen für 171010501 (Blockdiagramm)



Rausch Empfänger

Hinweis: Das Konzept der Schleifenantenne gilt für Senden und Empfangen.

MicroModules EMV Konformität

Schlussfolgerung - Es dreht sich alles um Schleifen



Jede Schleife kann als Antenne dienen

- Übertragen
→ Schleife erzeugt von CIN-VIN / VOUT-COUT

- Empfangen
→ VIN – Enable (EN)
→ VOUT – Feedback (FB)

Kurz gefasst:

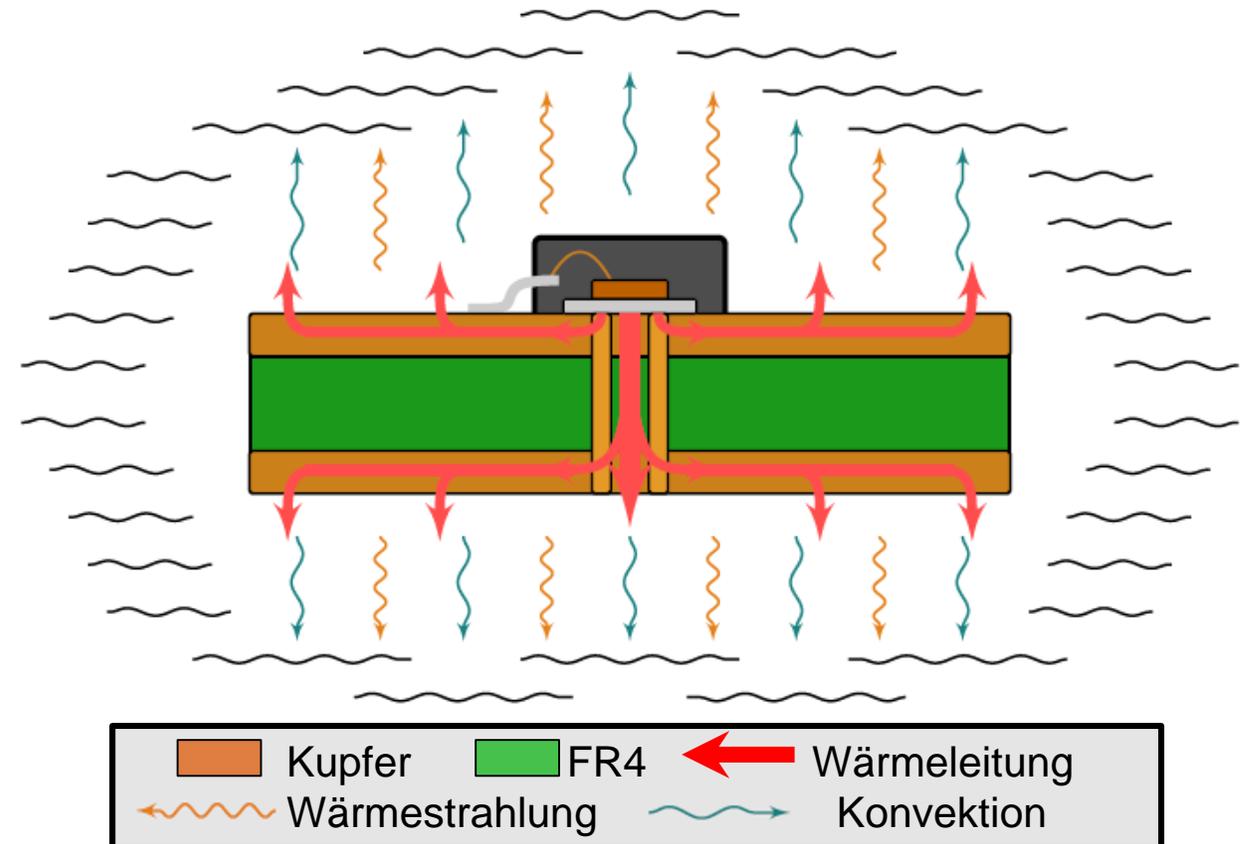
Verstehe Schleifen und werde sie los wenn du sie siehst!

Thermisches Verhalten

Mechanismen des Wärmeflusses

Drei grundlegende Mechanismen

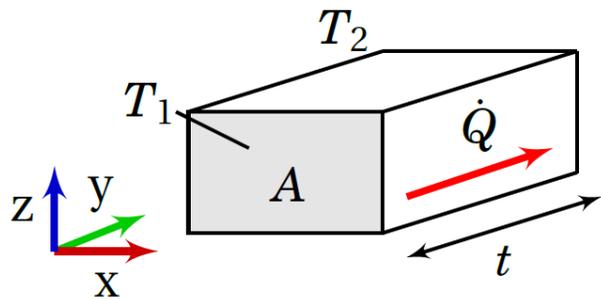
- Wärmeleitung
 - Wärmefluss im Material
- Wärmestrahlung
 - Erhitzung umliegender Objekte
- Konvektion
 - Erhitzung der Umgebung



Thermisches Verhalten

Grundlegende Formeln

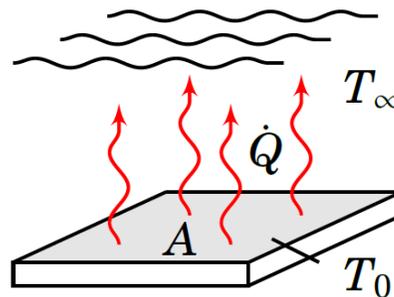
$$R_{leit} = \frac{\Delta T}{\dot{Q}} = \frac{\Delta T}{\lambda \cdot A \cdot \frac{\Delta T}{t}}$$



Wärmeleitung:

- Wärmefluss durch feste Materialien

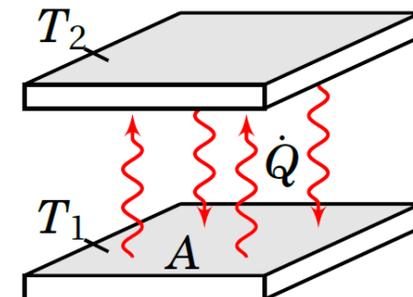
$$R_{konv} = \frac{\Delta T}{\dot{Q}} = \frac{L^{2/5}}{K_{konv} \cdot \Delta T^{1/5} \cdot A}$$



Konvektion:

- Wärmefluss von festem Medium zu einem fluid / gas

$$R_{rad} = \frac{\Delta T}{\dot{Q}} = \frac{1}{\varepsilon \cdot \sigma \cdot A \cdot (T_0^2 + T_\infty^2) \cdot (T_0 + T_\infty)}$$

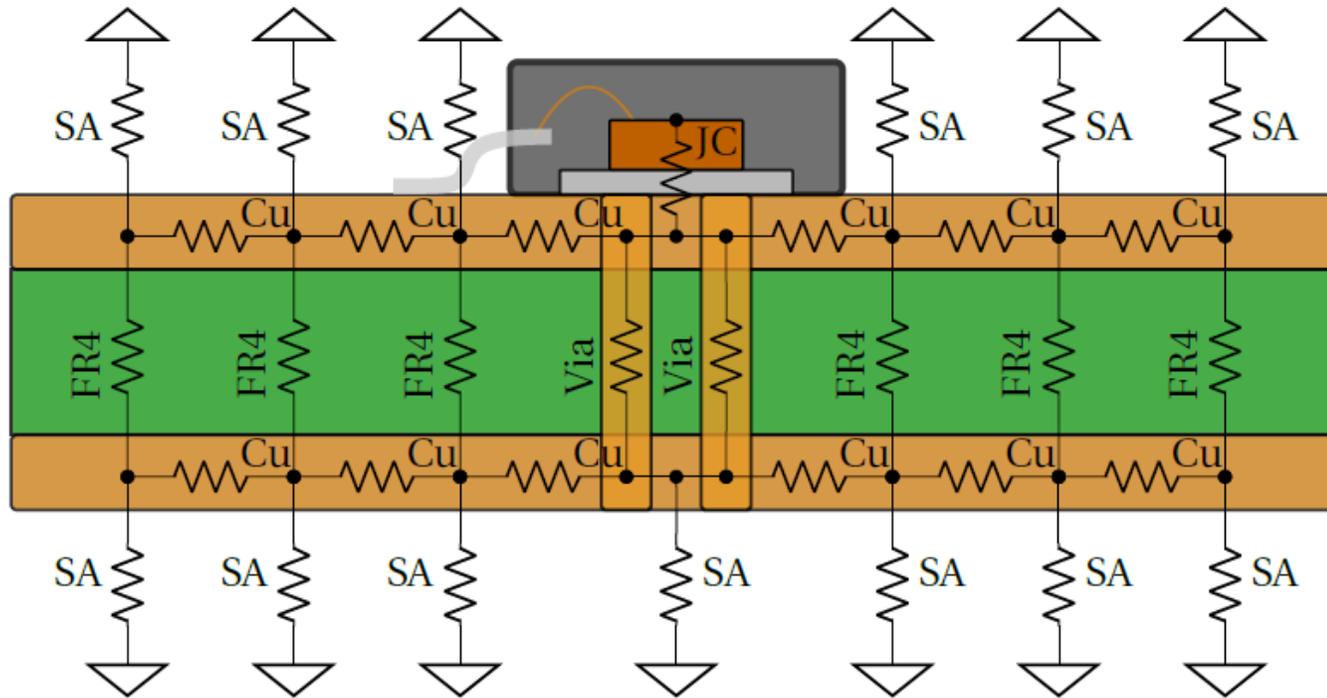


Wärmestrahlung:

- Abgabe von Energie über Strahlung

Thermisches Verhalten

Thermisches Modell - Beispiel Evaluation Board



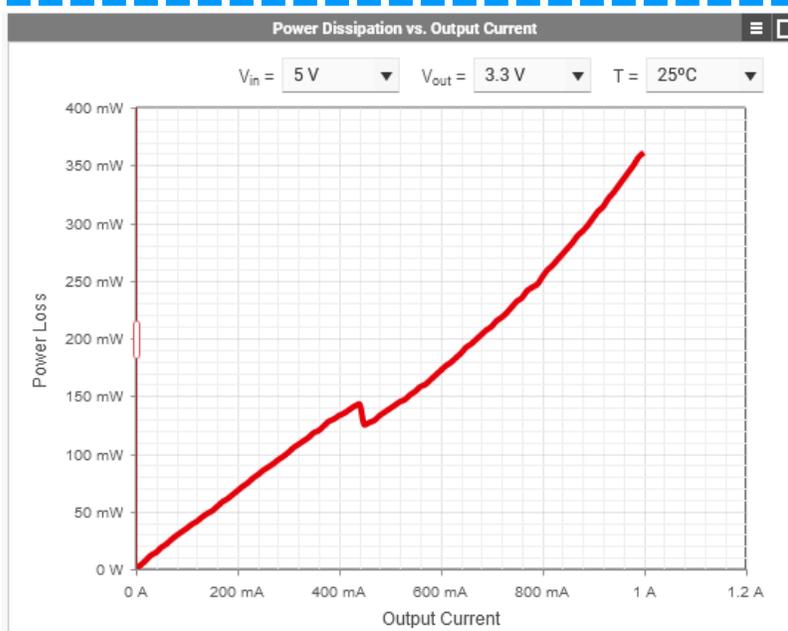
Thermischer Widerstand

- **Cu:**
Wärmewiderstand von Kupfer
- **FR4:**
Wärmewiderstand von FR4
- **JC:**
Wärmewiderstand von Modul Junction
- **SA:**
Wärmewiderstand Oberfläche zu Umgebung

Thermisches Verhalten

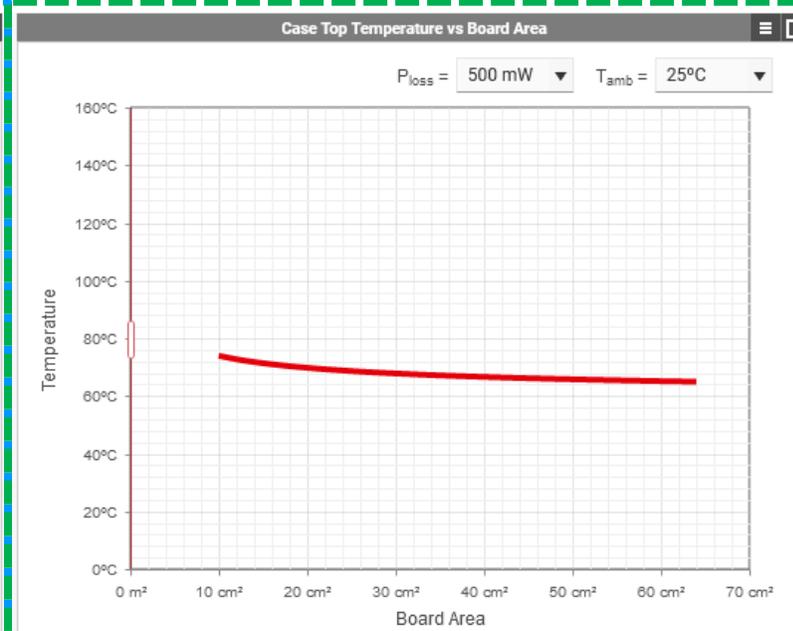
Reiter Beschreibung

Temperatur Profile



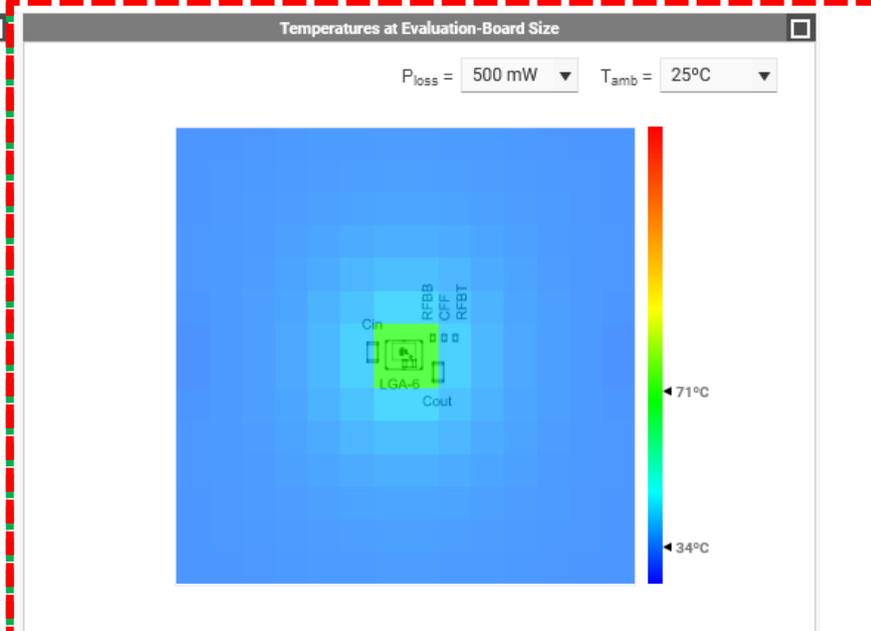
Verlustleistung

Leistungsverlust des MagI³C Power Moduls in einem bestimmten Betriebspunkt (V_{in} / V_{out} / I_{out})



Case-Top Temperatur vs. Platinengröße

Simulierte Temp. auf dem Case-Top des MagI³C-Leistungsmoduls mit verschiedenen Platinengrößen.



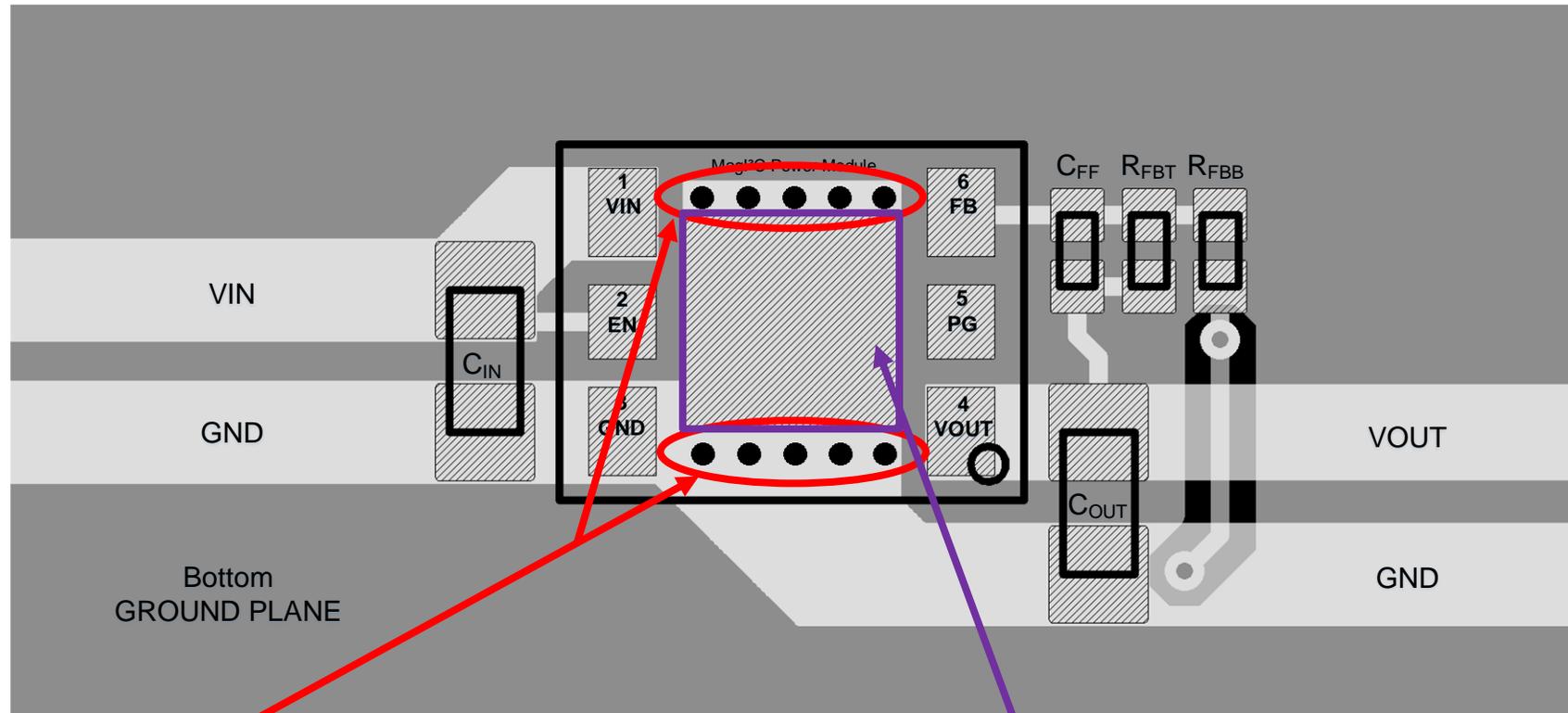
EVB Temp. Verteilung

Simulierte Temperaturverteilung auf dem Evaluation Board

Produktionsanforderungen

Thermische Durchkontaktierungen – Erster Ansatz

Überlegungen zum Layout



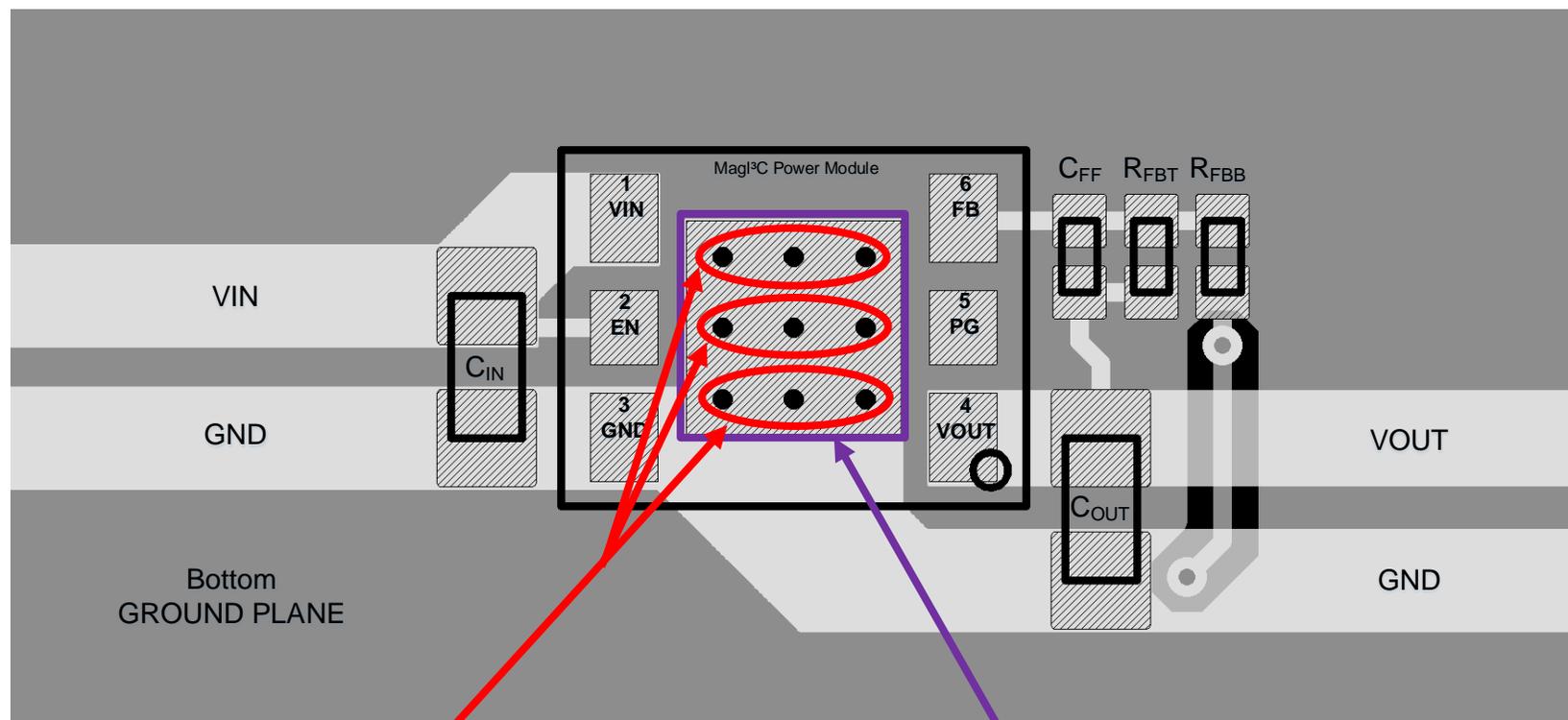
- 2 Reihen mit je 5 Durchkontaktierungen
- Bohrdurchmesser von 200 μ m

Exposed Pad

Produktionsanforderungen

Thermische Durchkontaktierungen – Zweiter Ansatz

Überlegungen zum Layout



- 3 Reihen mit je 3 Durchkontaktierungen
- Bohrdurchmesser von 200µm

Exposed Pad

Produktionsanforderungen

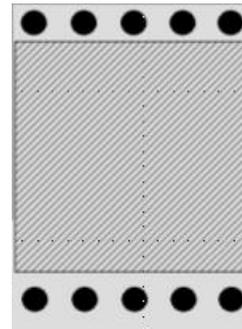
Thermische Durchkontaktierungen – Erster vs. Zweiter Ansatz



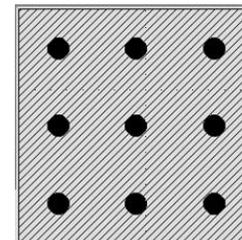
Zusammenfassung:

- Erster Ansatz:
 - Einfach herzustellen, da die Durchkontaktierungen keinen speziellen Prozess erfordern.
- Zweiter Ansatz:
 - Schwierig in der Herstellung, da die Durchkontaktierungen im Exposed Pad gefüllt und abgedeckt werden müssen, um Solder Wicking zwischen den Layern zu verhindern.
 - Aufgrund der direkten Verbindung von der Wärmequelle durch die Vias zur unteren Schicht ist die die Entwärmungsleistung besser.

Erster Ansatz



Zweiter Ansatz



Thank you for your Attention!



- **Support request to our hotline:**
 - powermodules@we-online.com



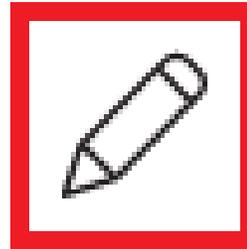
roland.kratz@we-online.de



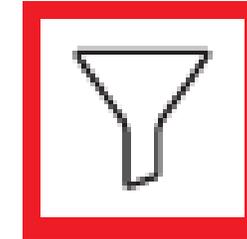
alexander.zeller@we-online.de



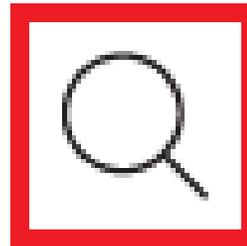
martin.greubel@we-online.de



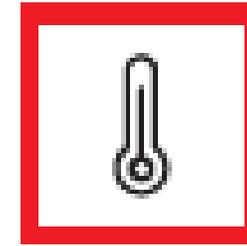
Design-In Support



EMC Filter Design Support



Layout Review Support



Thermal Design Support