

Herzlich Willkommen!

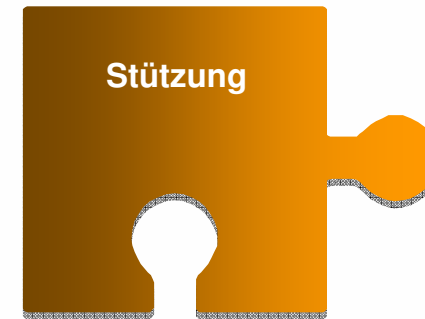
„Power Integrity“

Die Leiterplatte 2010

Nils Dirks, DCC

Aufgabe: Stützung

Bereitstellung
elektrischer
Leistung



➤ Einhaltung der Spezifikation

- z.B.: 3.3Volt +/- 5%, $I_{AVG}=250\text{mA}$, CLK=100MHz
- Anforderung an das Powersystem:
 - Quellimpedanz \leq ca. 130m Ω
 - Bandbreite \geq ca. 320MHz

- Dies ist eine grobe Abschätzung im Hinblick auf die Stützung (in erster Näherung)!

Index:

Power Integrity

2 - 30.10.09

Grundsätzlich geht es darum, die erforderliche Energie bereit zu stellen.

Aufgabe: Entkopplung



Entkopplung
verschiedener
funktionaler
Bereiche

➤ Störpegel darf sich nicht ungehindert im System ausbreiten

- Eigenstörsicherheit
 - Empfindliche Komponenten
 - Signalleitungen
- Emission

Index:

Power Integrity

3 - 30.10.09

Treten Störungen in größerem Umfang auf, müssen diese ggf. auf möglichst eng begrenzte Bereiche eingeschränkt werden.

Aufgabe: Rückstrompfad

HF - Rück-
strompfad für
Signale



- Bei hochfrequenten Signalen fließt der Rückstrom grundsätzlich nicht nur in der Bezugsfläche (GND), sondern auch in der Powerplane. Daher ist ein impedanzarmer Übergang von der einen zur anderen Plane essentiell!
 - Signalintegrität
 - Emission

© Dirks Compliance Consulting

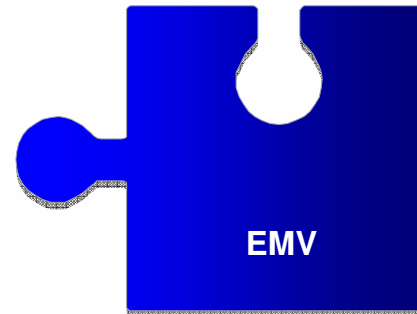
Index:

Power Integrity

4 - 30.10.09

Dem Powersystem kommt unter anderem die Aufgabe zu, einen niederimpedanten Pfad für hochfrequente Rückströme bereit zu stellen. Und zwar nicht nur in horizontaler Richtung (Leiterplattenebene), sondern auch in der Vertikalen!

Aufgabe: EMV



➤ Gezielte Gestaltung von

- Geometrie
 - Antennenstruktur
- Impedanz
 - Störspannungen
- Verlusten
 - Störleistung
 - Resonatoren

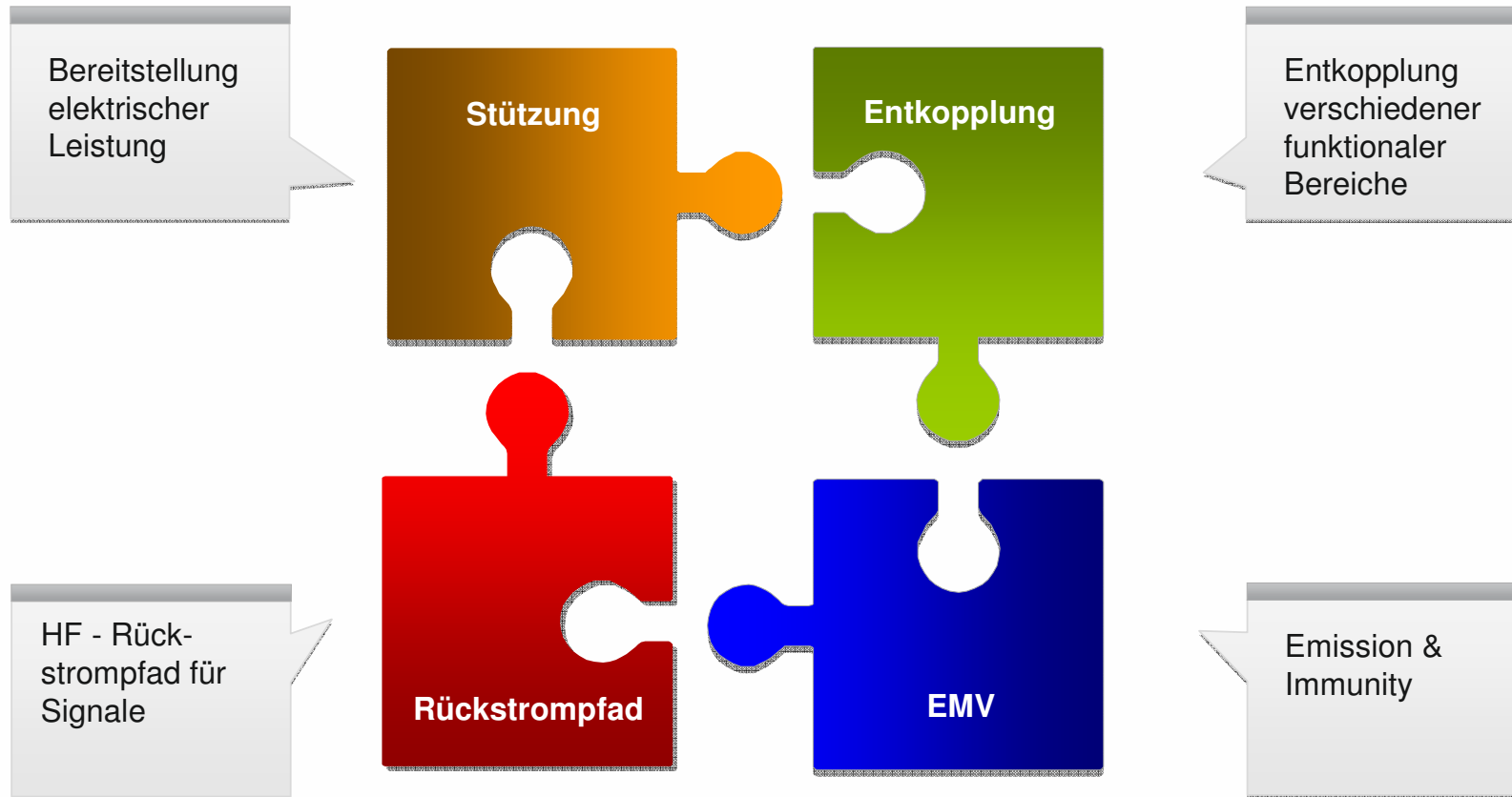
Index:

Aspekte von PI

5 - 29.10.09

Aufgrund verschiedener Faktoren (angeschlossene Verbraucher, Strukturgröße, Kabel, Steckverbinder etc.) ist das Powersystem aus EMV-Sicht kritisch. Kurz gesagt ist das Hauptproblem die Kombination aus nicht unerheblichem Störpegel und relativ großen Abmessungen.

Power Integrity



© Dirks Compliance Consulting

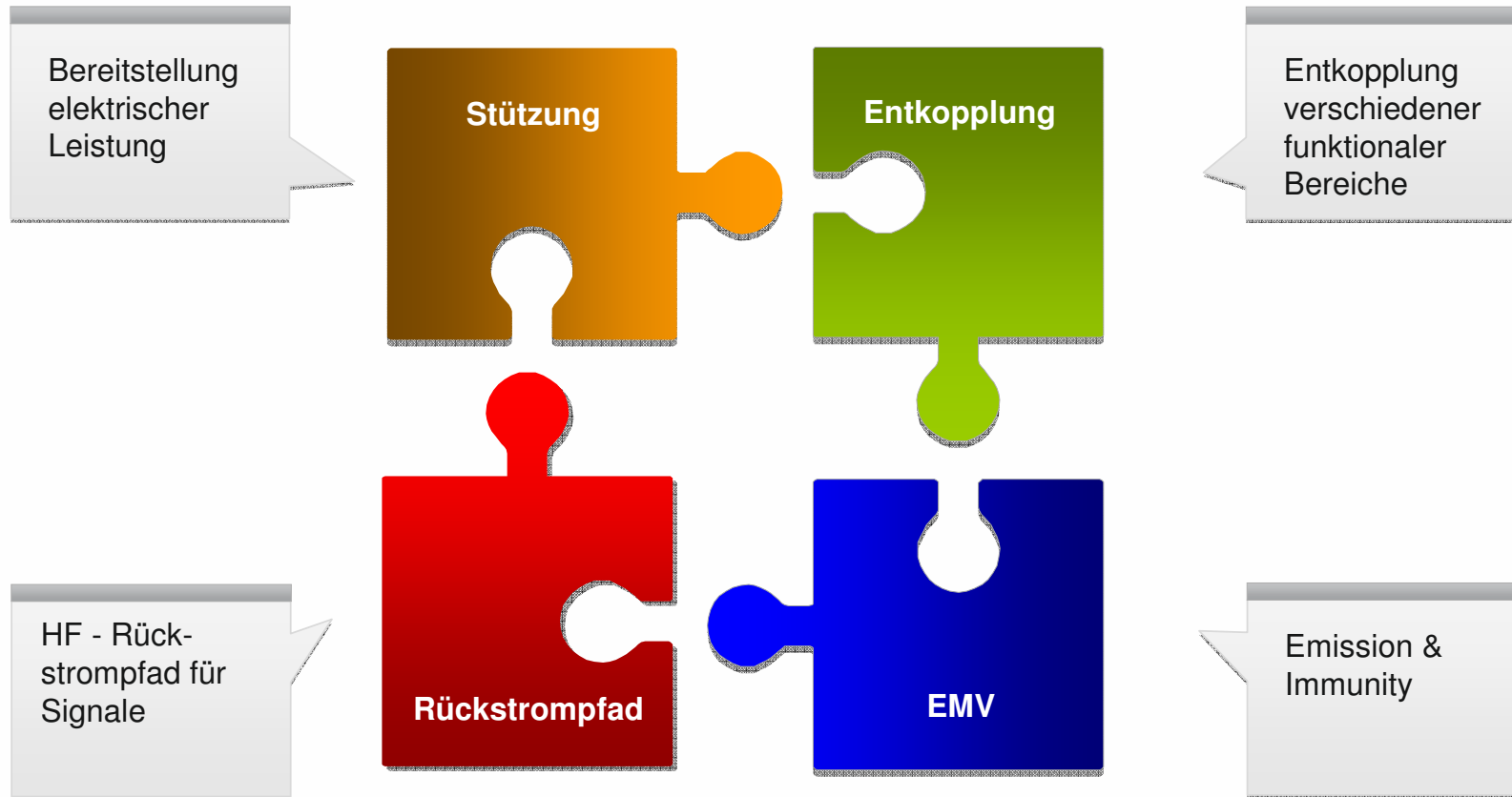
Index:

Aspekte von PI

6 - 29.10.09

„Power Integrity“ ist ein Begriff, der verschiedene Aspekte zusammenfasst. Nur wenn alle Aspekte zufriedenstellend gelöst sind, kann von guter Power Integrity gesprochen werden.

Power Integrity



© Dirks Compliance Consulting

Index:

Aspekte von PI

7 - 29.10.09

Ebenso wie die Aufgabenstellungen ineinander greifen, überlappen auch die Lösungsansätze. PI ist deshalb eine Fragestellung, mit der sich der Designer ganz zu Anfang des Planungsprozesses seiner Leiterplatte zu beschäftigen hat!

Power Integrity

Bereitstellung
elektrischer
Leistung

Entkopplung
verschiedener
funktionaler
Bereiche

**Power –
Integrity**

HF - Rück-
strompfad für
Signale

Emission &
Immunity

© Dirks Compliance Consulting

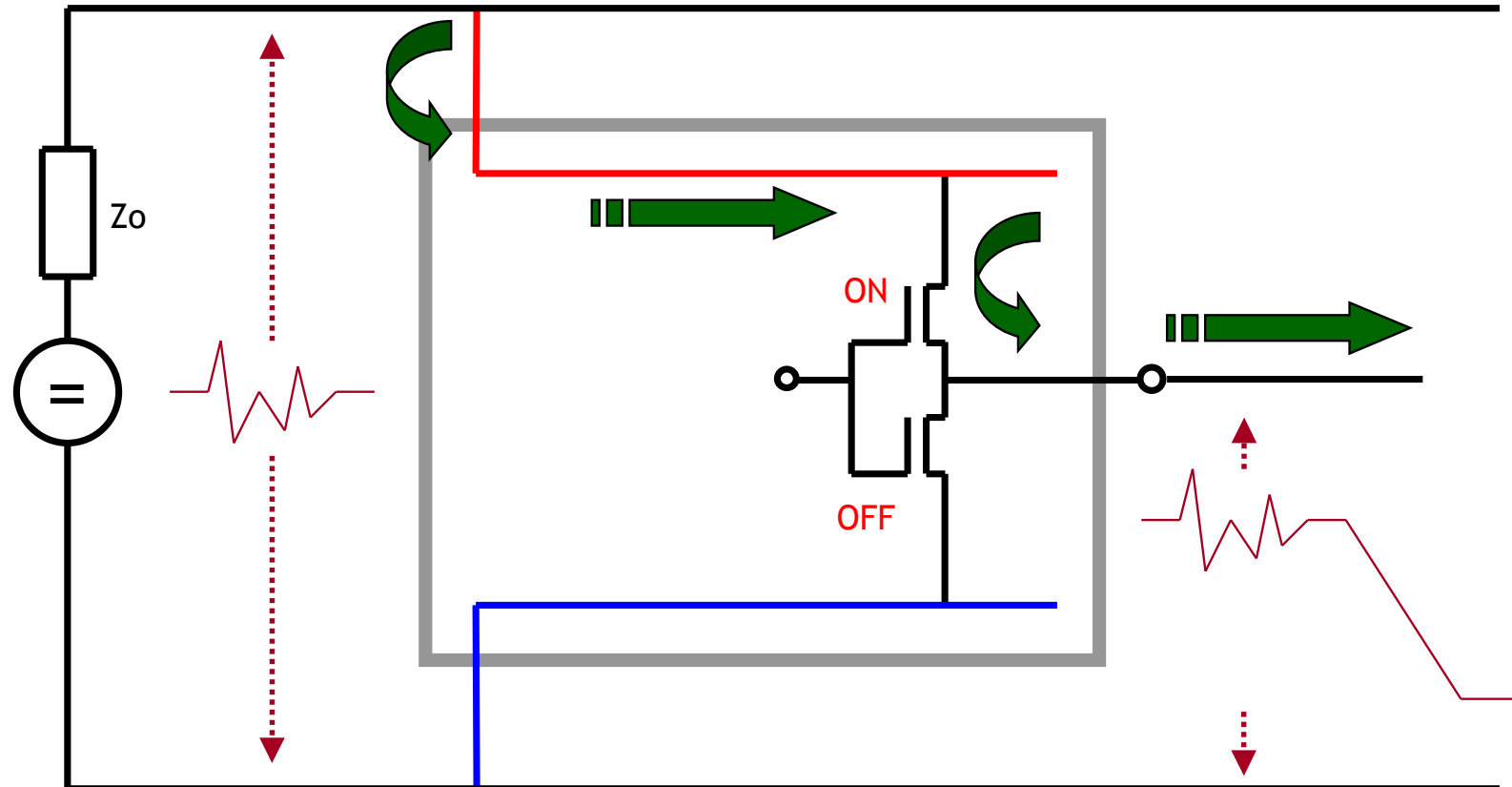
Index:

Power Integrity

Eine gute Power Integrity ist eine ganz wesentliche Voraussetzung für Signal Integrity!

8 - 28.10.09

Signal Integrity durch Power Integrity beeinträchtigt



© Dirks Compliance Consulting

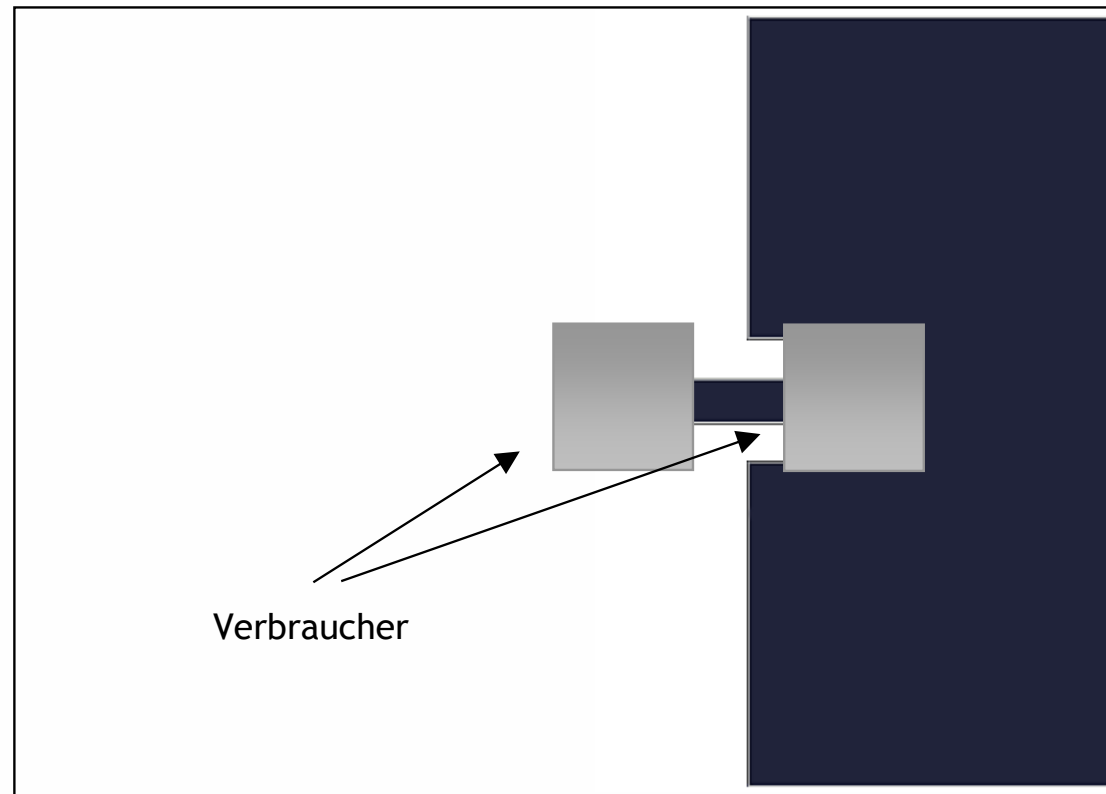
Index:

Power Integrity

9 - 28.10.09

Gezeigt ist hier exemplarisch nur ein Effekt, bei dem die Signalqualität durch mangelnde Power Integrity beeinträchtigt wird. Es gibt noch weitere.

Mögliche Powerplane-Geometrie



© Dirks Compliance Consulting

Index:

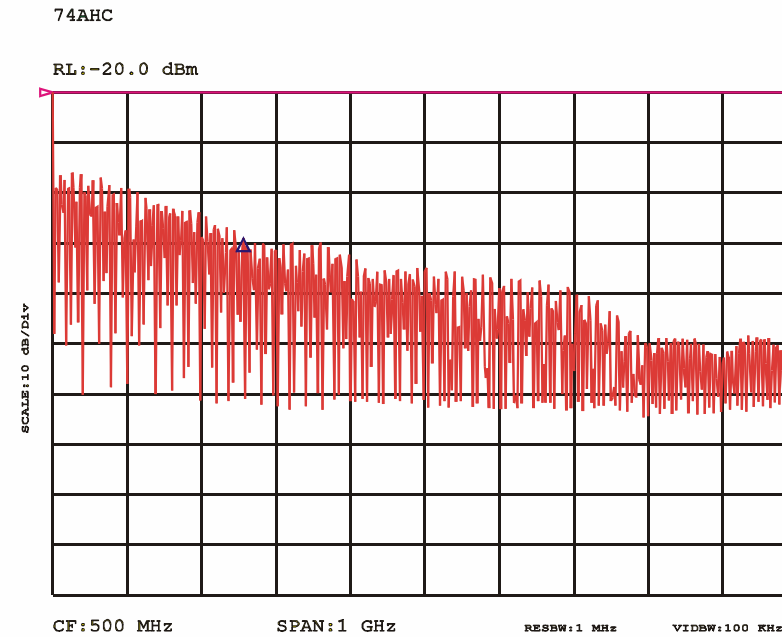
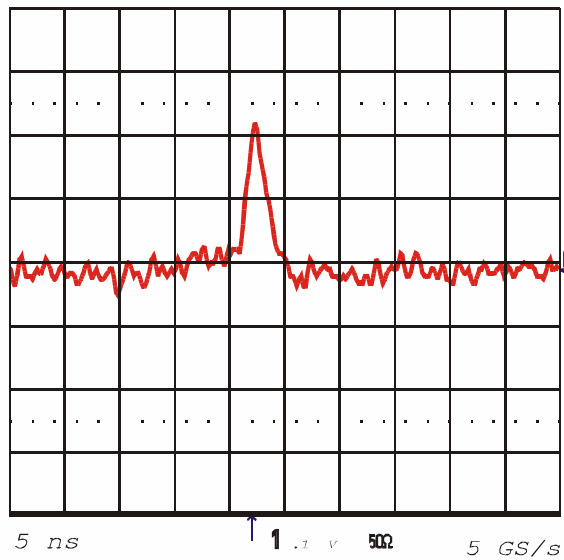
Power Integrity

10 - 28.10.09

Plane-Geometrie entnommen aus „Design Inset-Fed Microstrip Patch Antennas“ von M. Ramesh et al, erschienen in *Microwaves & RF*, Dezember 2003.

Größe etwa 6cm x 4cm

Profil des Versorgungsstroms



© Dirks Compliance Consulting

Index:

Power Integrity

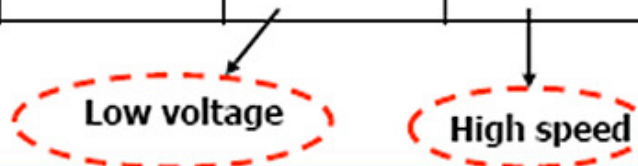
11 - 28.10.09

Das Profil des Versorgungsstroms eines SSI-CMOS-Chips. Links: Zeitbereich. Rechts: Das zugehörige Spektrum im Frequenzbereich lässt eine enorme Bandbreite erkennen, obwohl die Flanke mit ca. 3ns noch eher von der gemütlichen Sorte ist.

Prognose: Prozessgröße & Arbeitsfrequenz

*Source: The International Technology Roadmap for Semiconductor (ITRS), 2007 (<http://public.itrs.net>)

Year	Feature	V _{dd}	Chip Freq.	Power
2007	68nm	1.1V	4.70GHz	189W
2010	45nm	1.0V	5.88GHz	198W
2013	32nm	0.9V	7.34GHz	198W
2016	22nm	0.8V	9.18GHz	198W
2019	16nm	0.7V	11.48GHz	198W



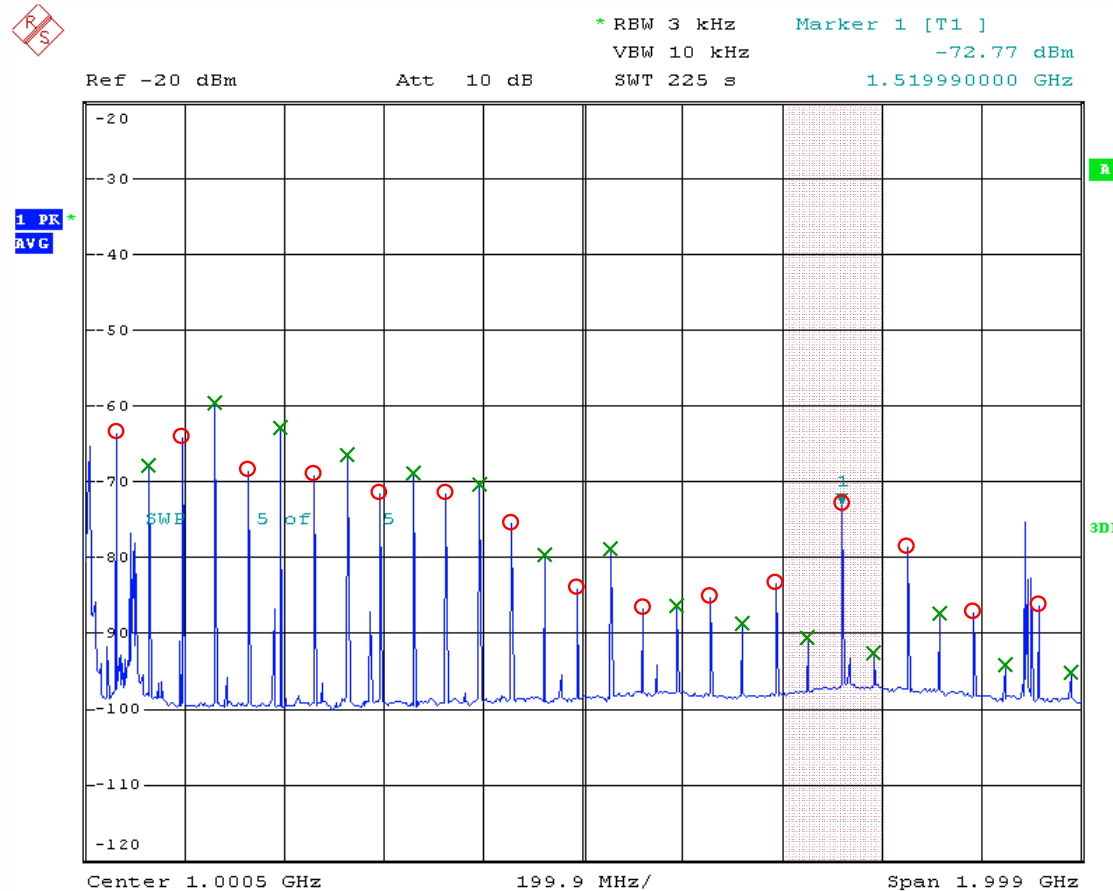
Index:

Power Integrity

12 - 28.10.09

Das Problem wird sich noch erheblich verschärfen, d.h. wir finden immer mehr HF im Stromversorgungssystem unserer Leiterplatten.

Radiated Emission (unkalibriert): meltemi economic



Index:

Power Integrity

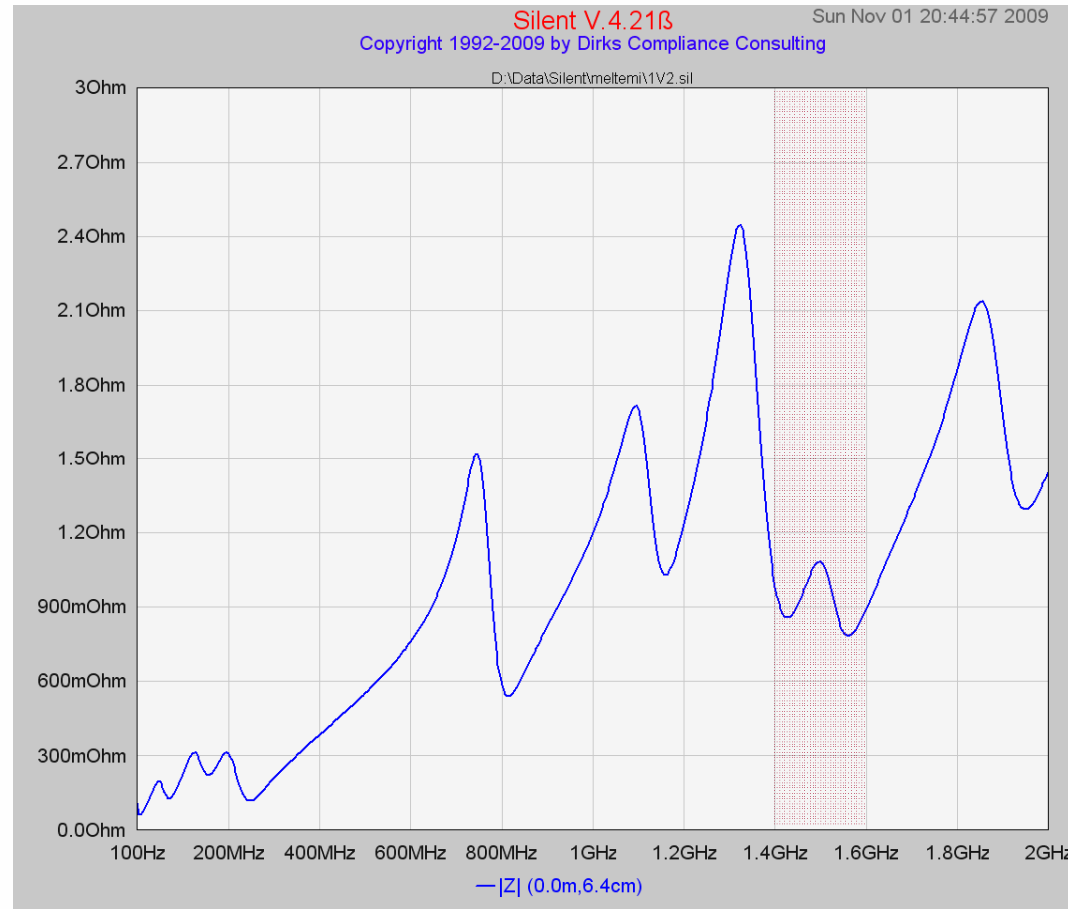
13 - 1.11.09

Die ungradzahligen Harmonischen sind mit einem roten Kreis, die gradzahligen mit einem grünen Kreuz gekennzeichnet.

Abstand der Linien = Taktfrequenz = 66MHz

Interessant: Die Linie bei ca. 1518MHz und ihre beiden Nachbarn

$|Z_{PS}|$ @ Ecke des Powersystems



© Dirks Compliance Consulting

LP 2010: Power Integrity

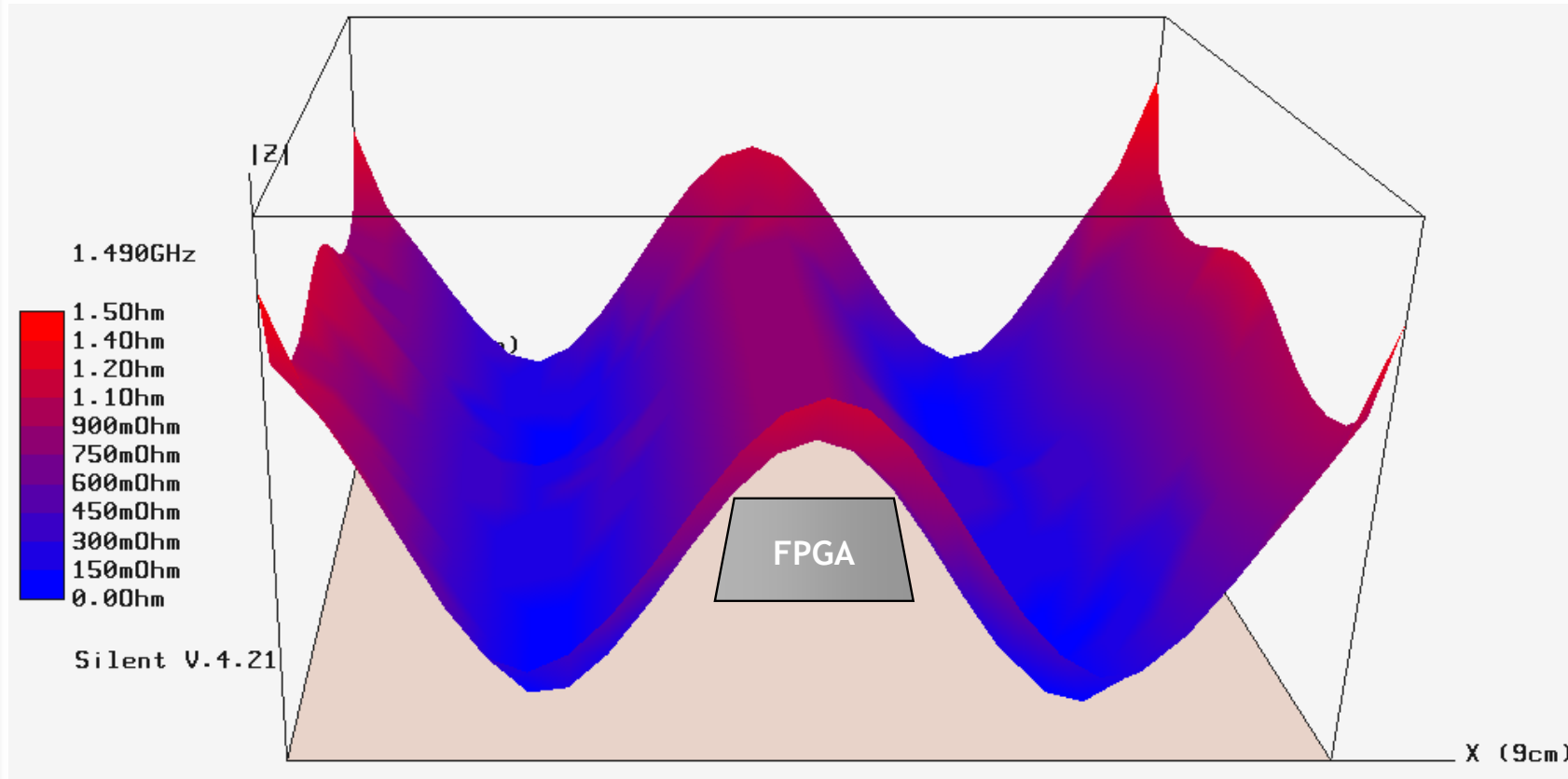
Index:

Power Integrity

14 - 1.11.09

Gezeigt ist der Betrag der Impedanz des Powersystems. Es sind mehrere Moden erkennbar.

1500MHz-Resonanz



© Dirks Compliance Consulting

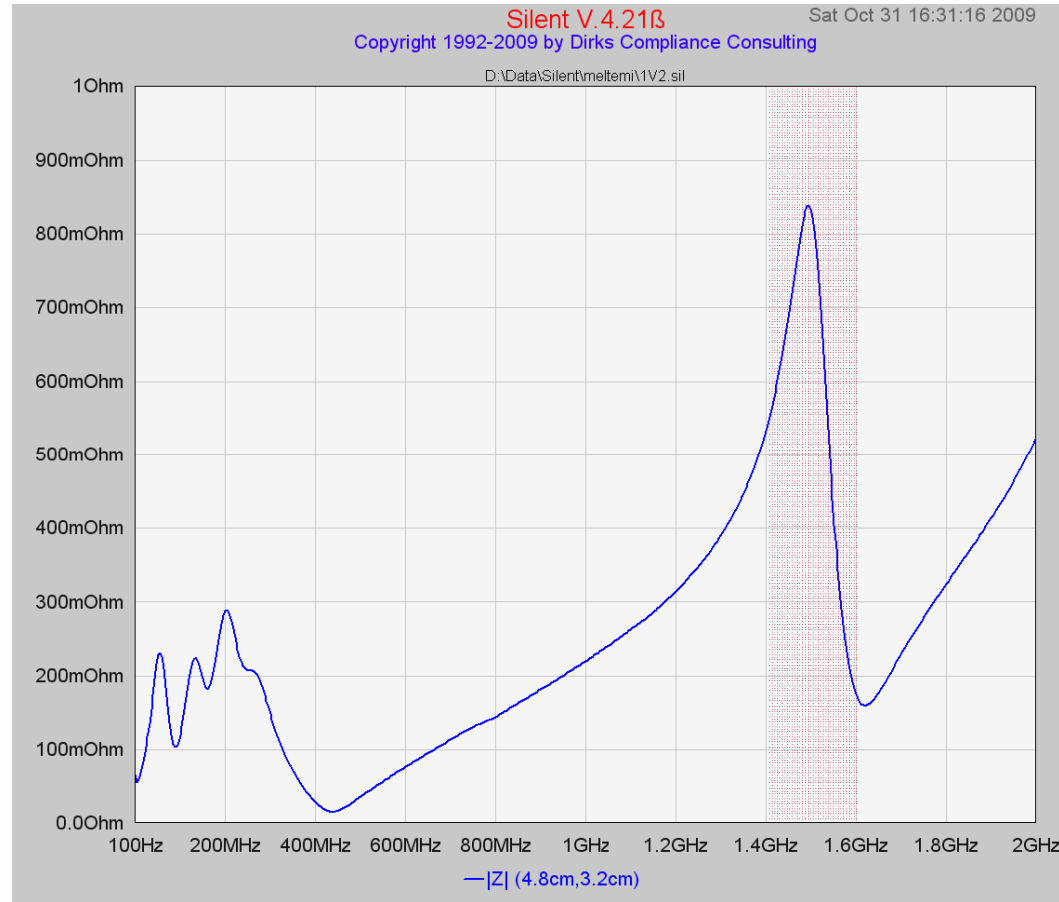
Index:

Power Integrity

15 - 1.11.09

Bei ca. 1500MHz hat die lange Seite des Powersystems eine elektrische Länge von Lambda. Das FPGA befindet sich im Bereich höherer Impedanz.

$|Z_{PS}|$ @ FPGA



© Dirks Compliance Consulting

LP 2010: Power Integrity

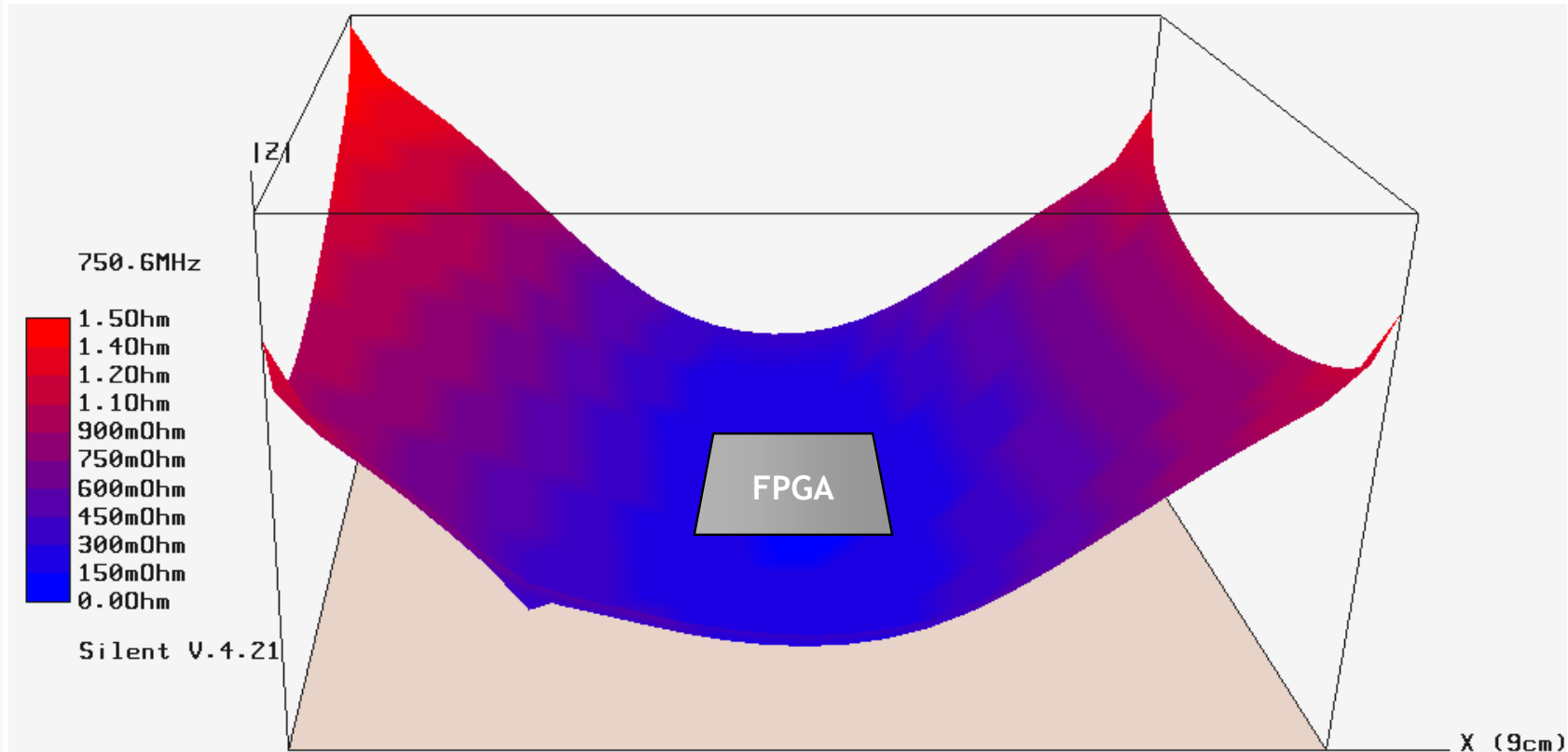
Index:

Power Integrity

16 - 1.11.09

Unterhalb von 2GHz ist dieser Mode der einzige, der an der Position des FPGAs effektiv angeregt werden kann.

750MHz-Resonanz



© Dirks Compliance Consulting

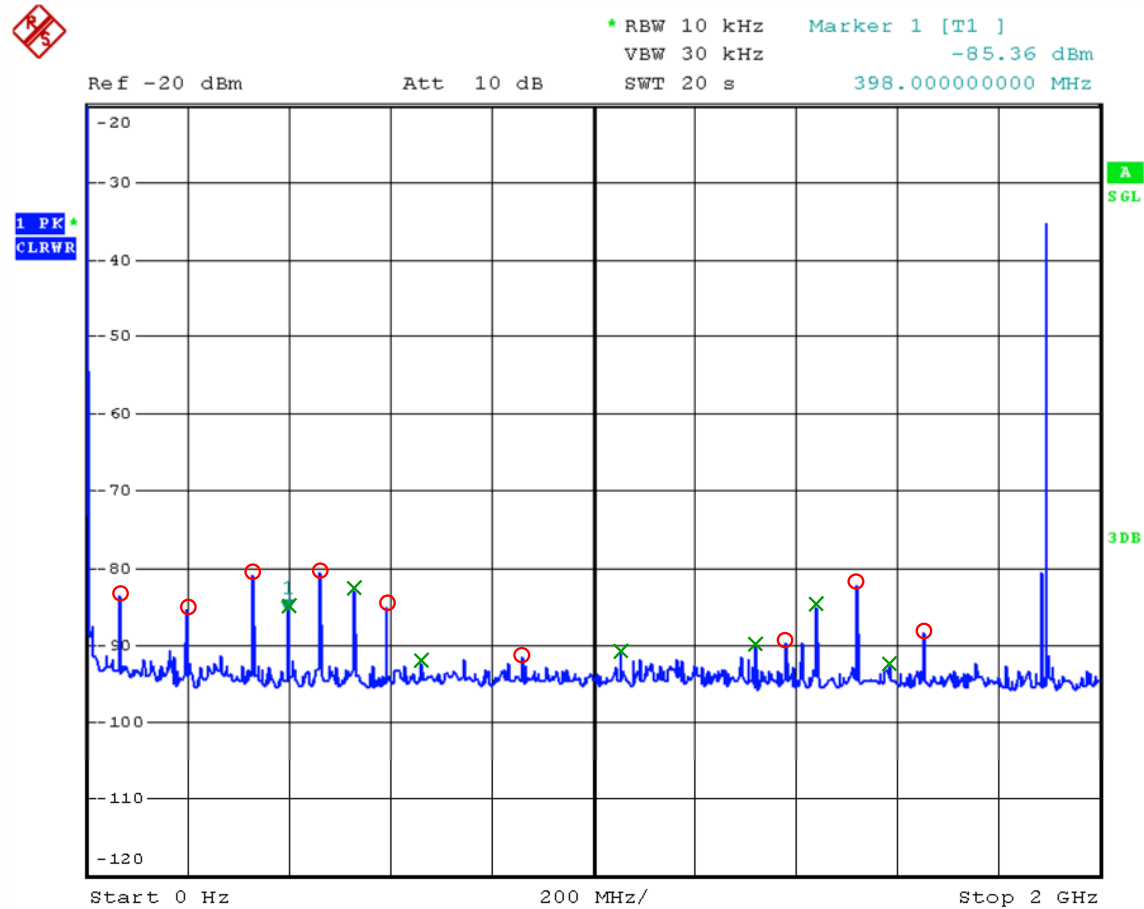
Index:

Power Integrity

17 - 1.11.09

Bei dieser Resonanz liegt das FPGA in einem Impedanzminimum.

Messung mit HI-Sonde auf TP3 (1V2)



© Dirks Compliance Consulting

Index:

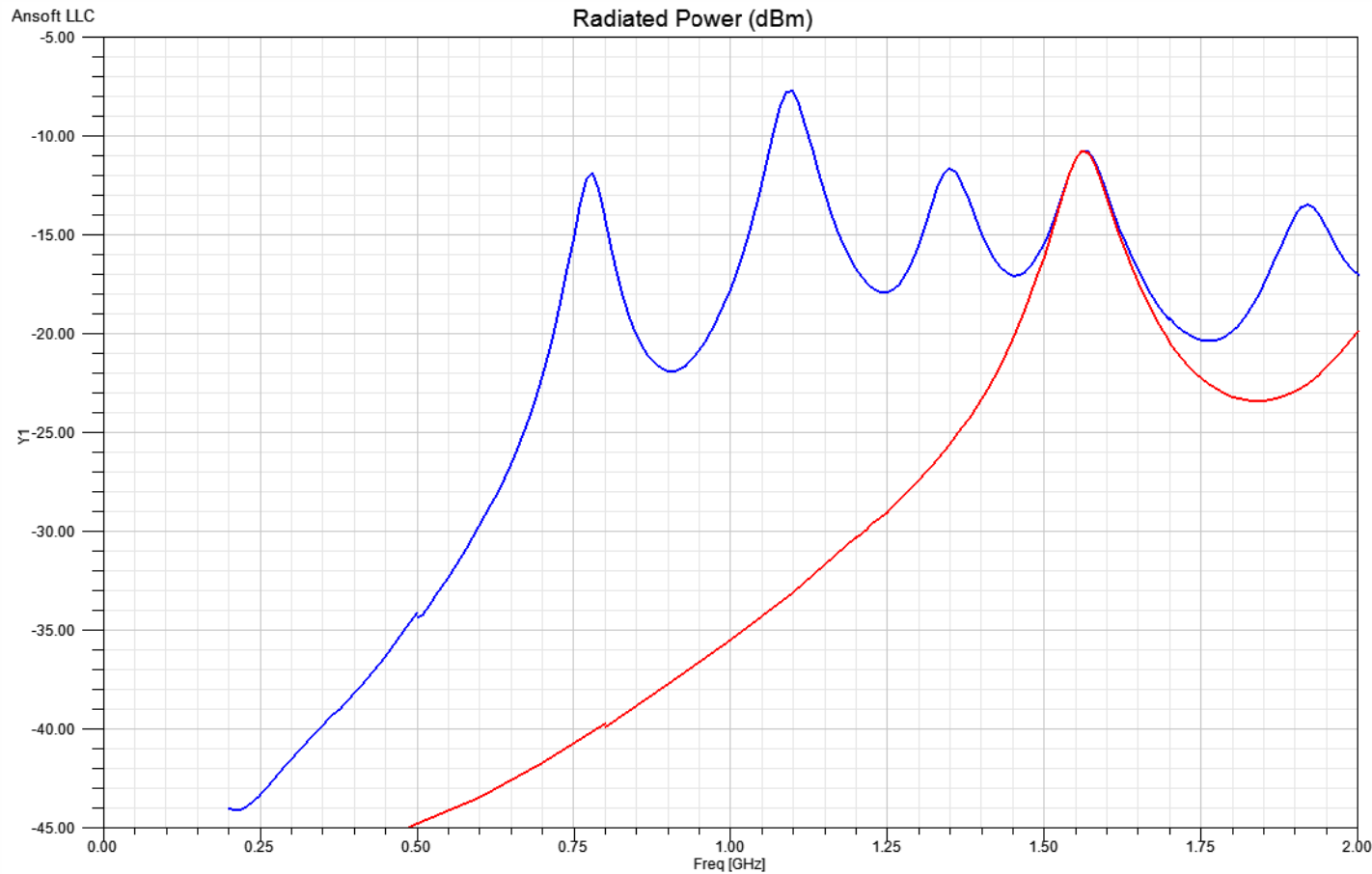
Power Integrity

18 - 1.11.09

Auch der Störspannungspegel im Stromversorgungssystem lässt die Resonanz erkennen.

Messung in ungeschirmter Umgebung zwischen 1V2 und GND.

Unterschied in der Abstrahlung: Ecke vs. Mitte



© Dirks Compliance Consulting

LP 2010: Power Integrity

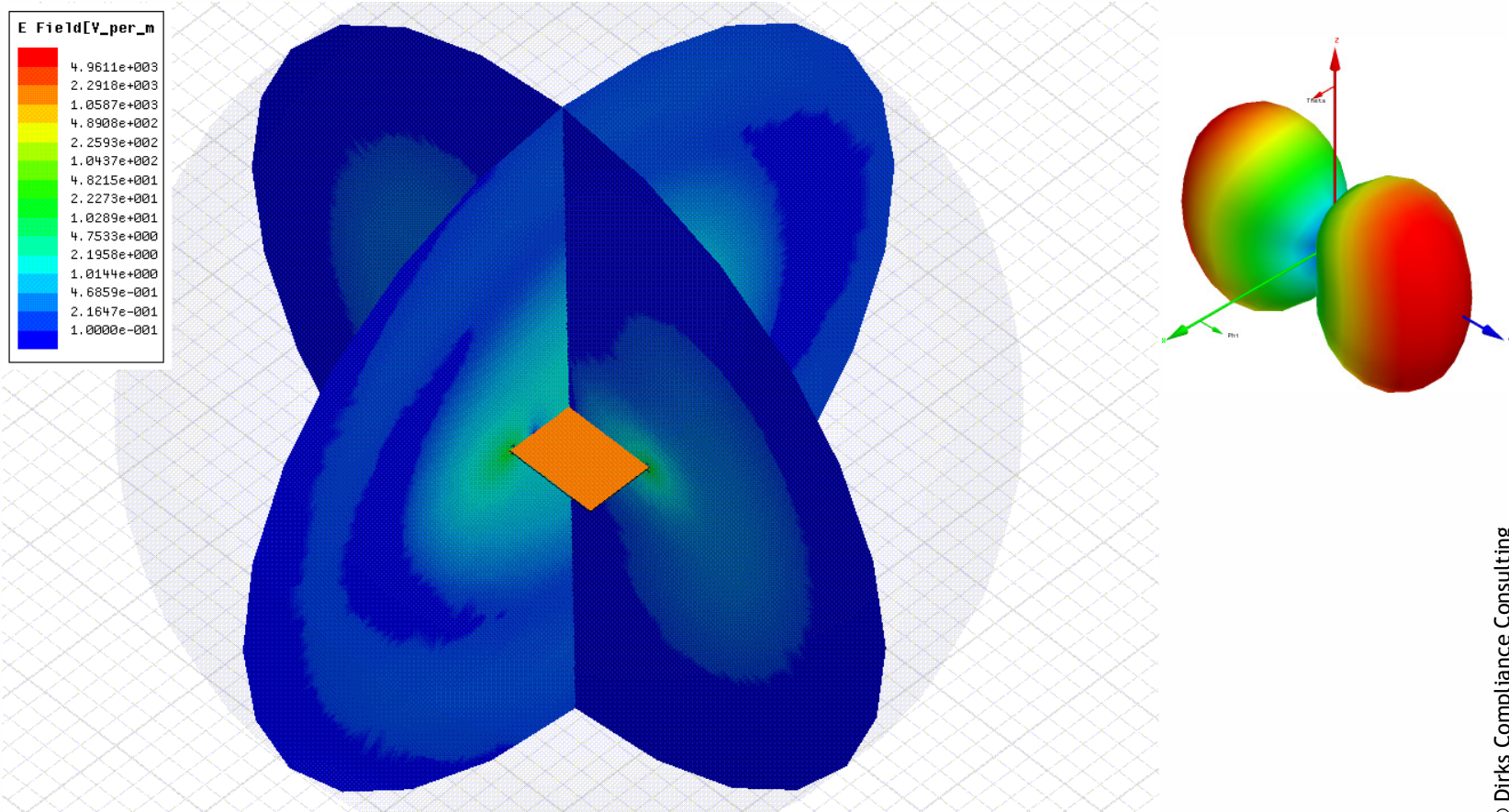
Index:

Power Integrity

19 - 1.11.09

Entsprechend den Moden, die an der Position des ICs „sichtbar“ sind, finden sich auf diesen Frequenzen auch deutlich höhere Abstrahlungswerte (vgl. #14 & #16). Die Ecken sind grundsätzlich ungünstig; bei komplexeren Geometrien empfiehlt sich immer eine Simulation.

E- & H-Feld am Powersystem (Schnitt jeweils mittig)



© Dirks Compliance Consulting

Index:

Power Integrity

20 - 1.11.09

Powersysteme sind eben immer auch Antennen...

... aber bei der Leiterplatte 2010 keine besonders guten!