

# EMV gerechtes Leiterplattendesign ist keine Magie

**SwissT.net EMV Fachtagung**

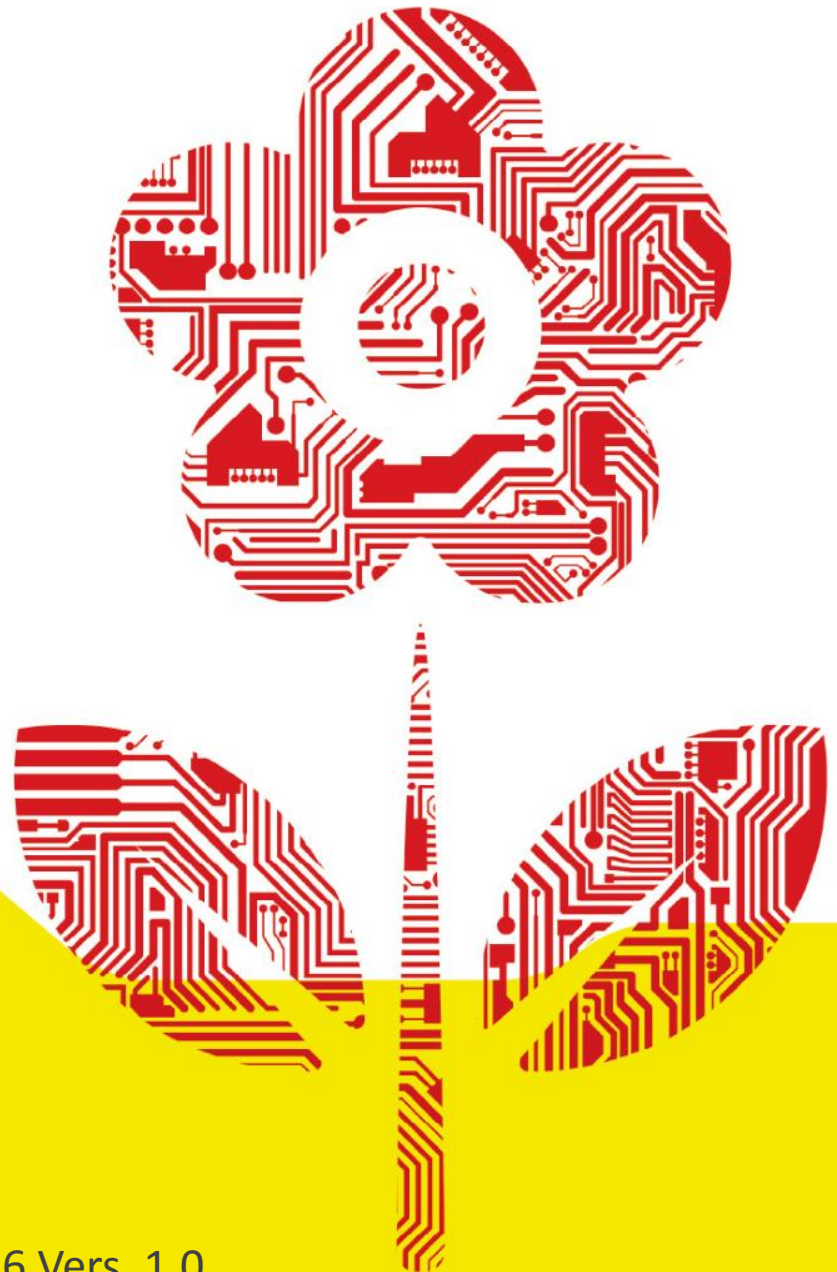
20. Januar 2016

Opfikon-Glattbrugg

**FINELINE**  
EXCELLENCE IN PCB

**Albert Schweitzer**  
FINELINE AG Schweiz  
Winkelried Str. 35  
CH-6003 Luzern

14.01.2016 Vers. 1.0



# Inhaltsangabe



## Inhalt

---

- 1 Allgemeines
- 2 Definition EMV
- 3 Einige Grundlagen
- 4 Grundsätzliches zum Thema Lagenaufbau
- 5 Fünf wichtige Design-Ziele
- 6 4 / 6 / 8 / 10 Lagen-Design
- 7 Schlussbemerkungen

1



## Allgemeines

---

# Allgemeines

---

Die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) ist zu einer zwingenden Produkteigenschaft geworden.

Ihre Sicherstellung rückt, insbesondere beim Betrieb verschiedener Geräte und Systeme nebeneinander, immer stärker in den Mittelpunkt.

# Allgemeines

---

Zwei Gesichtspunkte sind dabei von besonderem Interesse:

- ▶ zum einen die Eigenschaft einer Schaltung, keine oder eine möglichst geringe Störstrahlung zu erzeugen und
- ▶ zum anderen die Immunität der Schaltung gegenüber eingestrahelter elektromagnetischer Energie.

# Allgemeines

---

Ein EMV-gerechter Leiterplattenentwurf fängt bereits bei der Entwicklung der Schaltung an, wo entschieden wird, welche Bauelemente eingesetzt werden sollen. Fehlentscheidungen, die bereits an dieser Stelle gemacht werden, lassen sich später meist nur noch durch erheblichen Aufwand an Zeit und zusätzlichen teuren Maßnahmen, wie z.B. kostspieligen Abschirmungen, korrigieren.

# Allgemeines

---

Hauptthema dieses Vortrages ist der Einfluss der Leiterplatte auf die elektromagnetische Verträglichkeit einer Baugruppe.

Es geht also hier nicht um das Thema Schaltungstechnik und Auswahl von Bauteilen und deren Beschaltung, sondern vornehmlich um den Lagenaufbau und um die Gestaltung und die Anordnung der verschiedenen Leiterplatten-Lagen zueinander.

# 2 ▶ Definition EMV

---



# Definition EMV

---

EMV steht für:

„Elektro-Magnetische Verträglichkeit“.

Definition nach VDE 0870:

Fähigkeit einer elektrischen Einrichtung, in ihrer elektromagnetischen Umgebung zufriedenstellend zu funktionieren, ohne diese Umgebung, zu der auch andere Einrichtungen gehören, unzulässig zu beeinflussen.

# 3 ► Einige Grundlagen

---

# Hin- und Rückweg von Signalleitungen

---

Die elektromagnetische Verträglichkeit einer elektronischen Schaltung wird zu einem wesentlichen Teil von der Anordnung der Bauelemente zueinander und der damit einhergehenden Verbindungsleitungen bestimmt.

# Hin- und Rückweg von Signalleitungen

---

Jeder Strom, der in einer Leitung fließt, erzeugt einen gleich großen Strom in der dazugehörenden Rückleitung.

Diese Leitungsschleife bildet nun eine Antenne, die in der Lage ist, elektromagnetische Energie abzustrahlen.

# Hin- und Rückweg von Signalleitungen

---

Ein EMV-Problem tritt immer dann auf wenn es zu Unterbrechungen oder Diskontinuitäten im Stromrücklaufpfad kommt.

Dem Stromrücklaufpfad sollte also in der Designphase immer eine besondere Beachtung geschenkt werden.

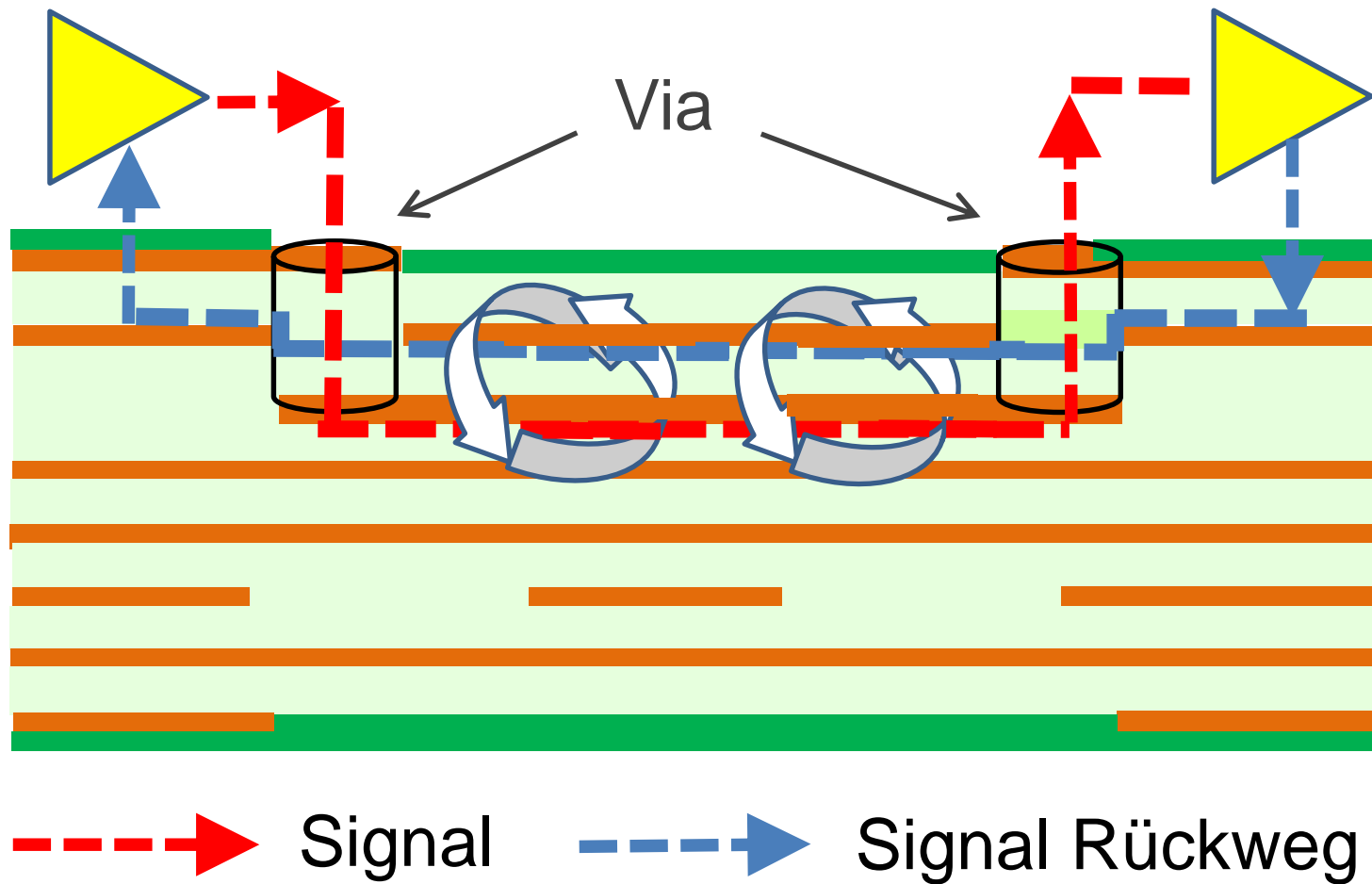
# Hin- und Rückweg von Signalleitungen

---

Einer der Schlüssel bei der Bestimmung des optimalen Leiterplattenlayouts ist, zu verstehen wie und wo die Signalarückströme tatsächlich fließen.

**"Es gibt kein schwarzes Loch für Signale"**

# Hin- und Rückweg von Signalleitungen



# Hin- und Rückweg von Signalleitungen

---

Je höher die Signal-Frequenz desto mehr gilt:

Das Signal verwendet als Rückkanal nicht den Weg des geringsten Widerstandes, sondern nimmt den Weg der geringsten Impedanz, in der Regel die Ebene direkt unterhalb der Signalspur.

Signalrückweg = Weg der geringsten Impedanz



# Hin- und Rückweg von Signalleitungen

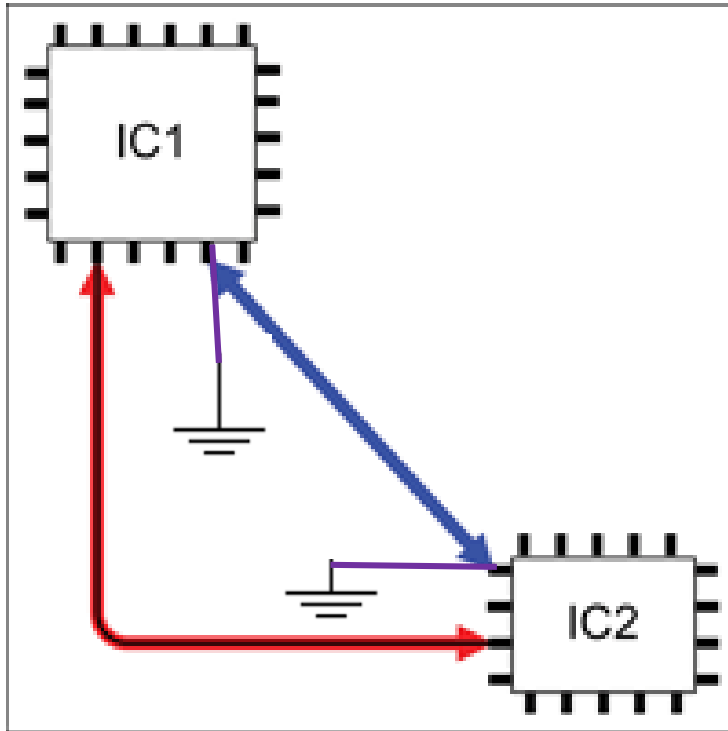
---

Impedanz:

Die Impedanz ist der Widerstand gegen den Fluss von Energie in einer Übertragungsleitung.

# Hin- und Rückweg von Signalleitungen

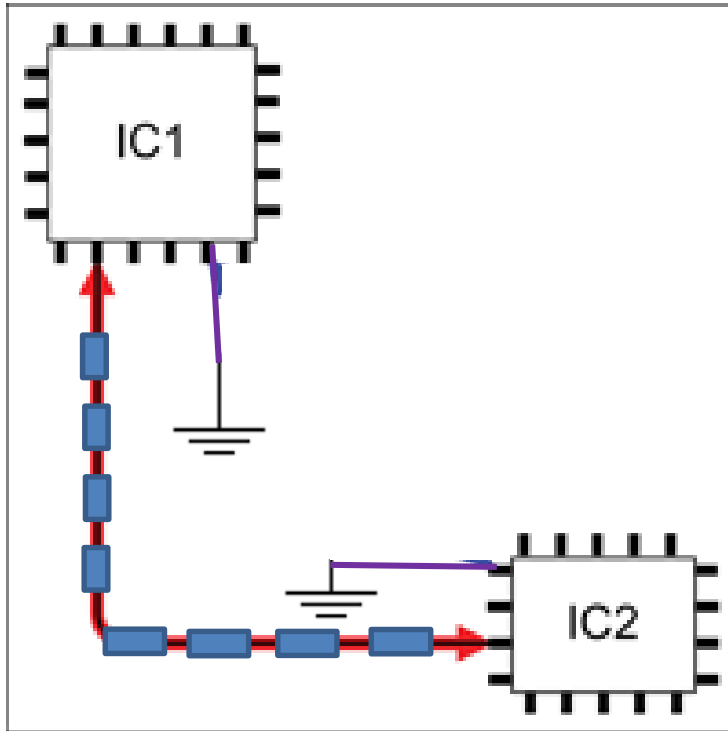
An Hand einer einfachen Schaltung möchte ich Ihnen die Wichtigkeit der Signalarückführung zeigen:



In unserem Beispiel haben wir eine solide Ground-Ebene und der Rückstrom (blau) nimmt, wenn es sich um Gleichstrom oder Wechselstrom im niedrigen Frequenzbereich handelt, den Weg des geringsten Widerstandes.

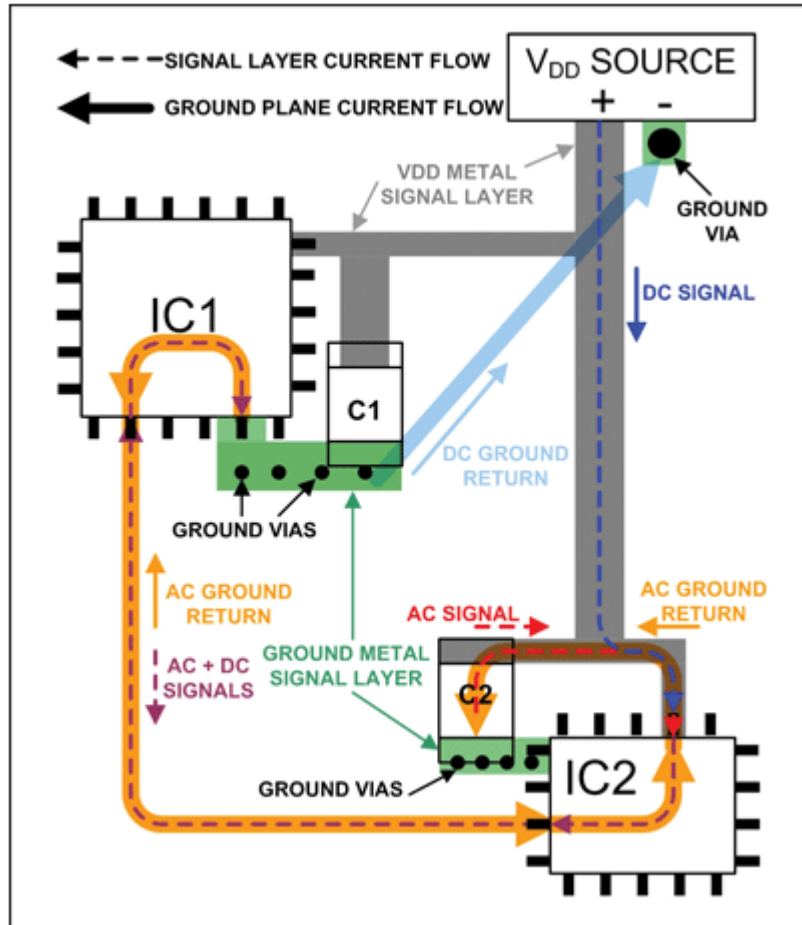
# Hin- und Rückweg von Signalleitungen

Bei höheren Frequenzen nimmt der Rückstrom den niedrigsten Impedanzrückpfad unmittelbar unterhalb der Signalleiterbahn.

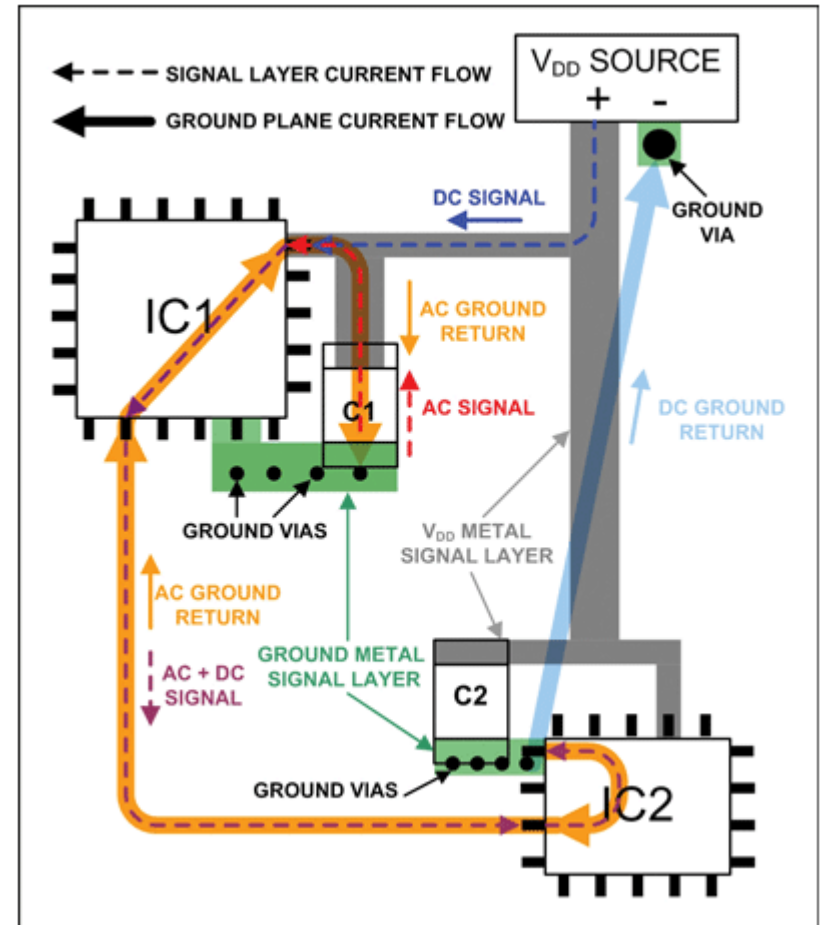


Es ist dabei unerheblich, ob sich unter dem Signlrückweg eine Ground- oder Power-Lage befindet. Der Rückstrom nimmt den Weg der geringsten Impedanz.

# Hin- und Rückweg von Signalleitungen



Strompfade bei IC1 als Quelle.



Strompfade bei IC2 als Quelle.

# 4



## Grundsätzliches zum Thema Lagenaufbau

# Grundsätzliches zum Thema Lagenaufbau

---

Bei jedem Leiterplattenentwurf stellt sich schnell die Frage nach der Zahl der Leiter-Lagen. Je höher ihre Zahl, umso einfacher wird die Handhabung der EMV-Probleme, aber umso teurer wird verständlicherweise der Preis der Baugruppe.

# Grundsätzliches zum Thema Lagenaufbau

---

Vier Faktoren sind wichtig in Bezug auf den Lagenaufbau einer Multi-Layer-PCB:

- ▶ Die Anzahl der Lagen
- ▶ Der Abstand zwischen den Lagen
- ▶ Die Sequenz der Lagen
- ▶ Die Art der benutzen Lagen  
(Power und/oder Ground-Lagen)

# Grundsätzliches zum Thema Lagenaufbau

---

In der Realität ist lediglich die Anzahl der Lagen ein wichtiges Thema.

Die anderen drei wichtigen Faktoren:

- ▶ Abstand zwischen den Lagen
- ▶ Die Sequenz der Lagen
- ▶ Die Art der Lagen

spielen oft kaum eine Rolle bei der Betrachtung eines neuen Designs.



# Grundsätzliches zum Thema Lagenaufbau

---

Bei der Entscheidung, mit wieviel Lagen ein Layout realisiert wird, sollte folgendes in Betracht gezogen werden:

- ▶ Die Anzahl der zu routenden Signale und die Kosten
- ▶ Frequenzen der Signale
- ▶ Klasse A oder Klasse B, EMV Anforderungen
- ▶ Geschirmtes oder ungeschirmtes Gehäuse
- ▶ Erfahrung des Layouters in EMV Fragen

# Grundsätzliches zum Thema Lagenaufbau

---

Meistens wird lediglich der erste Punkt betrachtet und dabei besonders der Aspekt der Kosten.

- ▶ Die Anzahl der zu routenden Signale und die **Kosten**
- ▶ Frequenzen der Signale
- ▶ Klasse A oder Klasse B, EMV Anforderungen
- ▶ Geschirmtes oder ungeschirmtes Gehäuse
- ▶ Erfahrung des Layouters in EMV Fragen

# Grundsätzliches zum Thema Lagenaufbau

---

Wichtig zu wissen!

Multi-Layer Leiterplatten bieten eine signifikant bessere Reduktion der unerwünschten Abstrahlungen, verglichen mit zwei Lagen PCBs.

# Grundsätzliches zum Thema Lagenaufbau

Eine Daumenregel 

Eine 4-Lagen-Leiterplatte produziert ca. 10dB weniger Abstrahlung, als eine 2-Lagen-Leiterplatte.

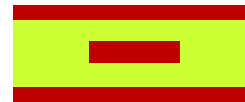
# Grundsätzliches zum Lagenaufbau

Die Gründe warum ML-PCBs weniger Abstrahlung produzieren:

- 1) ML-Leiterplatten erlauben “Micro Strip” und/oder “Strip Line” Konfigurationen.



Microstrip Transmission Line



Stripline Transmission Line

- 2) Eine Ground-Lage reduziert immer die Ground-Impedanz und damit die Abstrahlung.

5



Fünf wichtige Designziele

---

# Fünf wichtige Designziele für ML-PCBs

---

Die folgenden fünf Designziele sollte jeder Layouter beim Entwurf einer ML-PCB anstreben:

- 1 Eine Signal-Lage immer benachbart zu einer Ground-Lage (Referenz-Lage)
- 2 Signallagen eng gekoppelt mit benachbarten Ebenen
- 3 Kopplung der Ground- und Power-Lage
- 4 High-Speed-Signale zwischen Ground-Lagen
- 5 Mehrere Ground-Lagen

# Fünf wichtige Designziele für ML-PCBs

---

Je höher die auftretenden Frequenzen, desto wichtiger werden die 5 genannten Designziele.

Die beiden wichtigsten Designziele sind die Ziele Nummer “1” und die Nummer “2”.

- 1 Eine Signal-Lage immer benachbart zu einer Ground-Lage (Referenz-Lage)
- 2 Signallagen eng gekoppelt mit benachbarten Referenz-Ebenen



# Designziel Nummer “1”

- “1” Eine Signal-Lage sollte immer benachbart zu einer Referenz-Lage angeordnet werden. Dies begrenzt allerdings die Anzahl der eingebetteten Signallagen zwischen „Top“- und „Bottom“-Layer.

Statt Ground-Lagen sollte man besser über „Referenzlagen“ sprechen, denn ein Signal nimmt als Rückweg auch gerne eine Power-Lage.

# Designziel Nummer “2”

---

“2” Signallagen sollten so eng wie möglich mit ihren benachbarten Referenzebenen gekoppelt werden, unter Berücksichtigung der Durchschlagsfestigkeit des Laminats.

Es ist ratsam, gleiche Kupferdicken bei den Signallagen und bei den Referenzlagen zu verwenden.

# Designziel Nummer “3”

---

“3” Enge Kopplung der Ground- und Power-Lage.

Die Kapazität zwischen Ground- und Power-Lage bildet einen idealen Kondensator, der die Abstrahlung, insbesondere hoher Frequenzen, verringert.

# Designziel Nummer “3”

Formel zur Berechnung (Näherungsberechnung) der Kapazität zwischen Power und Ground-Lage (Interplan-Kapazität)

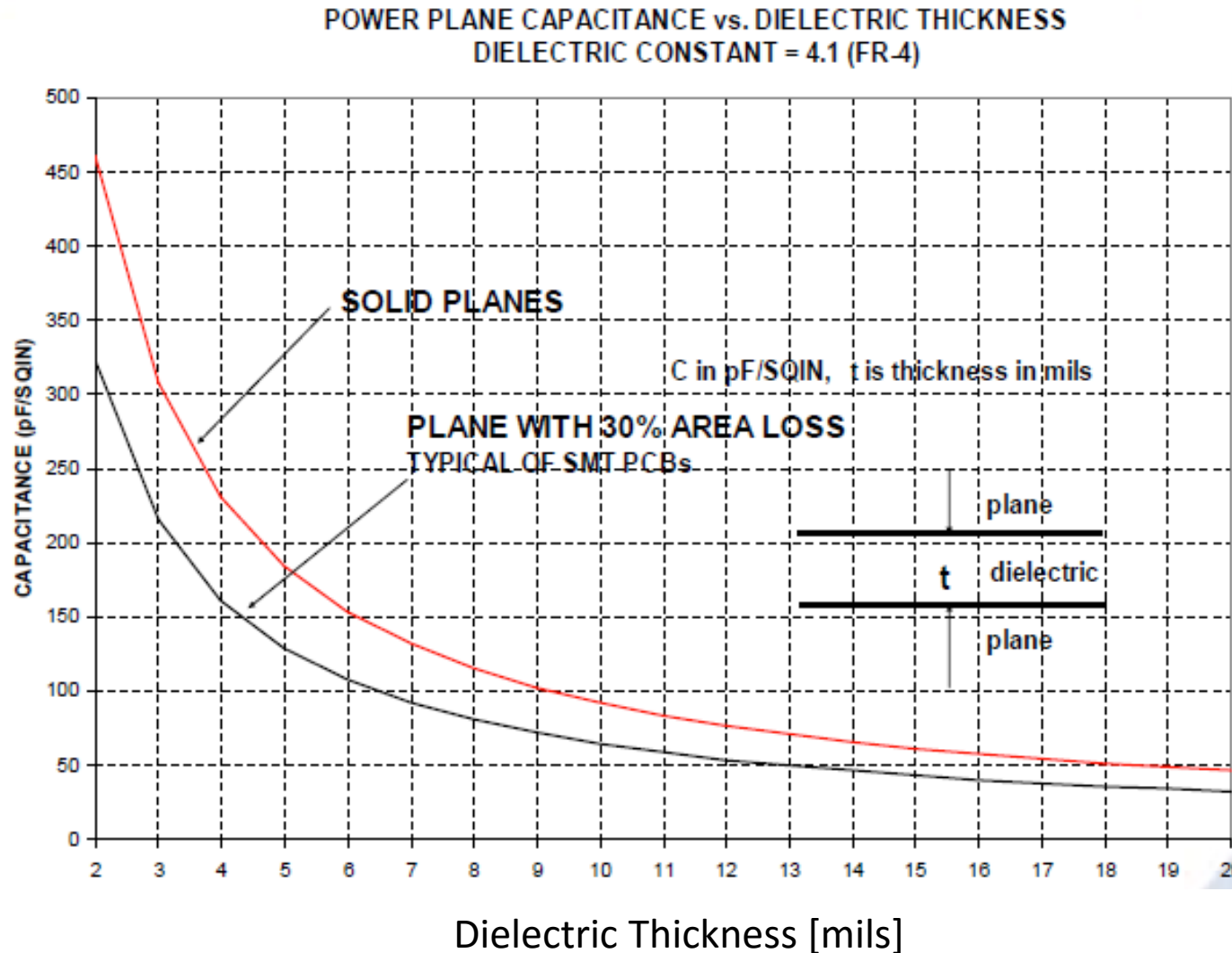
$$C_{\text{interplane}} = \frac{0.225 * A * \epsilon_r}{d}$$

A = Fläche der Leiterplatte

$\epsilon_r$  = Dielektrizitätskonstante

d = Abstand zwischen den Lagen

# Designziel Nummer “3”



# Designziel Nummer “4”

“4” Hochgeschwindigkeitssignale sollten zwischen Referenz-Lagen geroutet werden. Dadurch werden diese Signale vor Einstrahlung anderer Signale (Übersprechen/Crosstalk) geschützt.



Stripline Transmission Line

# Designziel Nummer “5”

---

“5” Viele Ground-Lagen sind sehr vorteilhaft, da sie die Impedanz der Referenz-Lagen verringern und Gleichtakt-Störungen zu vermeiden helfen.

Die Ground-Lage sollte nicht in einen analogen und einen digitalen Bereich aufgeteilt werden. Es ist besser eine kontinuierliche Fläche zu benutzen.

# Fünf wichtige Designziele

---

Erst mit einer Acht-Lagen Platine können alle fünf der oben genannten Ziele gleichzeitig erreicht werden.

Bei Vier-Lagen und Sechs-Lagen Leiterplatten müssen Kompromisse eingegangen werden. Die Art der Kompromisse wird letztendlich durch die Applikation bestimmt.



# Fünf wichtige Designziele

---

Die obige Aussage sollte nicht so ausgelegt werden, dass es nicht möglich wäre, ein gutes EMV gerechtes Design mit einer Vier-Lagen oder 6-Lagen Leiterplatte zu realisieren. Es ist durchaus möglich!

Es bedeutet nur, dass nicht alle Ziele gleichzeitig erreicht werden können. Es sind eben Kompromisse erforderlich.

# Fünf wichtige Designziele

---

Folgen Sie einfach den "Gesetzen der Physik".

Welche Kompromisse letztendlich eingegangen werden können/müssen hängt natürlich in erster Line von der Erfahrung des Designers ab.

Definitiv ist dieses Thema keine schwarze Magie, sondern letztendlich pure Erfahrung.

6

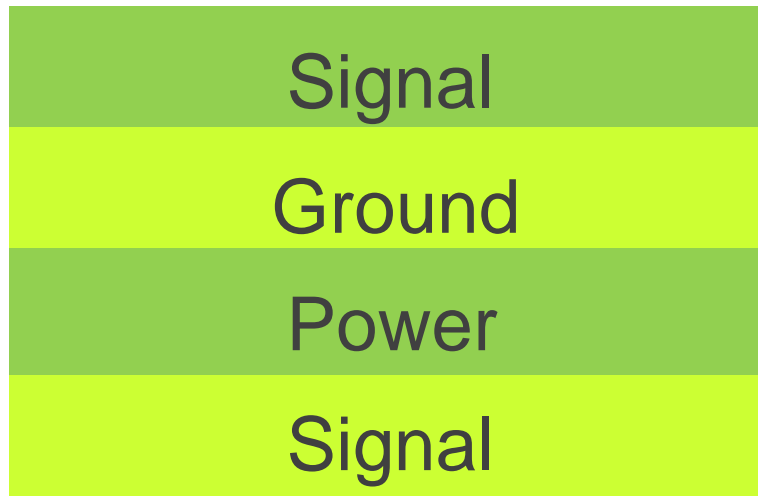


## Vier Lagen Design

---

# Vier-Lagen Multilayer Leiterplatte

Die am häufigsten eingesetzte Lagenkonfiguration sieht wie folgt aus:



Power und Ground können auch umgekehrt angeordnet sein.

Bezüglich der Liste mit den 5 Design-Zielen, erfüllt diese Konfiguration nur das Ziel “1”.

# Vier-Lagen Multilayer Leiterplatte

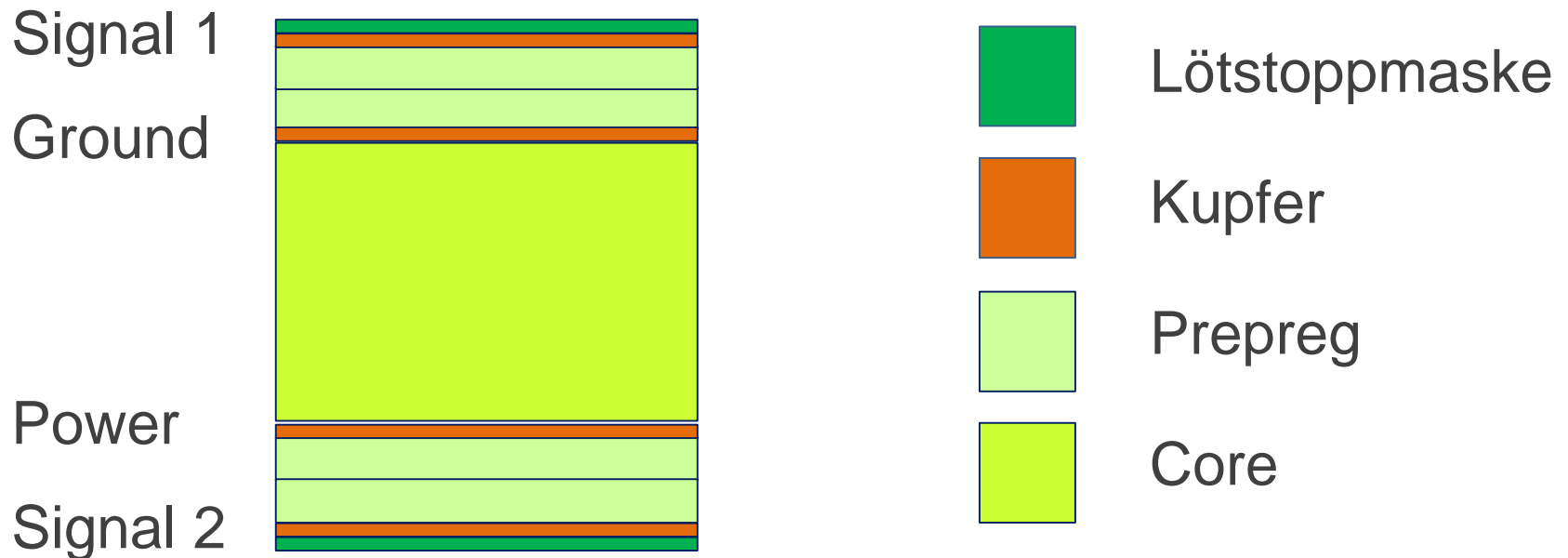
Von einer engen Kopplung zwischen Signal und Referenzlage, wie im Ziel “2” gefordert, kann man hier nicht reden.



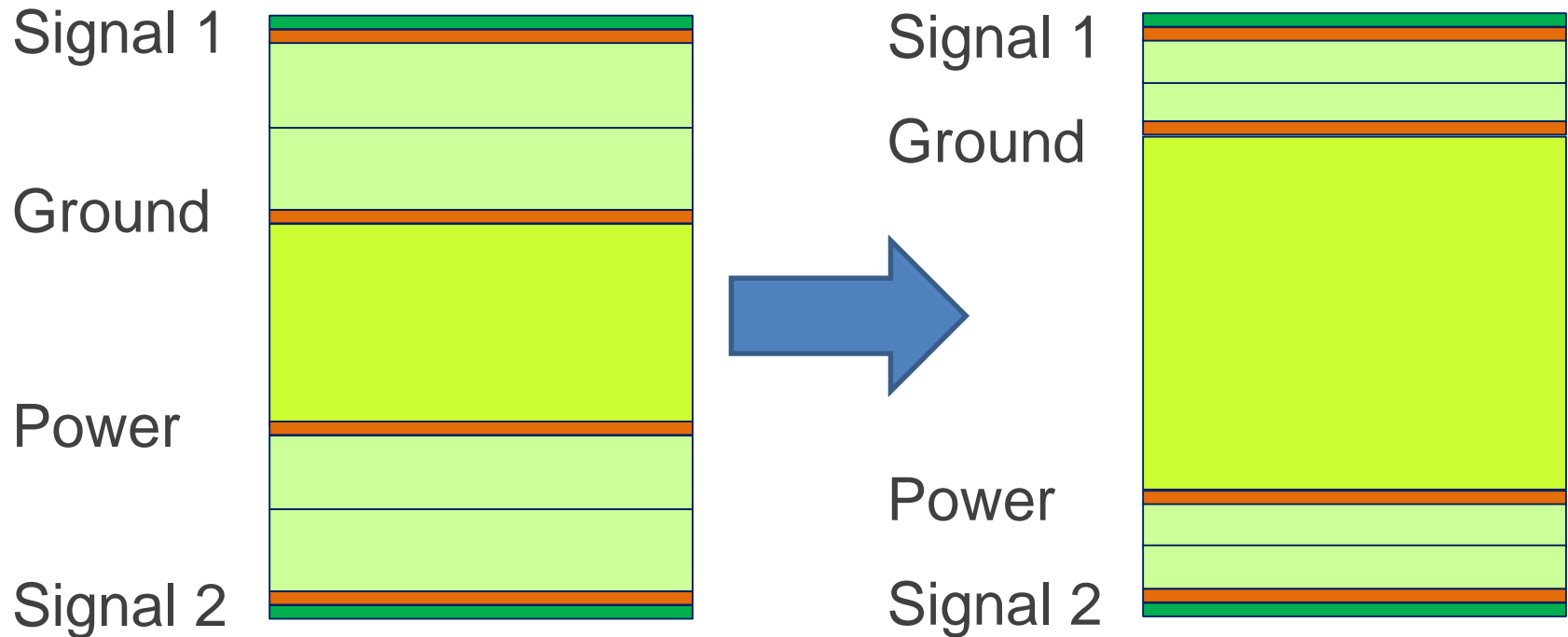
Das gleiche gilt auch für die Ground- und Power-Lage.

# Vier-Lagen Multilayer Leiterplatte

Um auch das Ziel “2” zu realisieren, muss der Abstand zwischen den Signallagen und den Referenzlagen deutlich verringert werden.



# Vier-Lagen Multilayer Leiterplatte



Lötstopppmaske



Kupfer



Prepreg



Core

# Vier-Lagen Multilayer Leiterplatte

Offensichtlich haben wir uns mit der Maßnahme, den Kern der Leiterplatte zu verdicken um letztendlich unsere 1,6mm Standard-Gesamtdicke zu erreichen, noch weiter vom Erreichen des Designziels “3” wegbewegt. Hier haben wir nun einen der vorher angesprochenen Kompromisse.

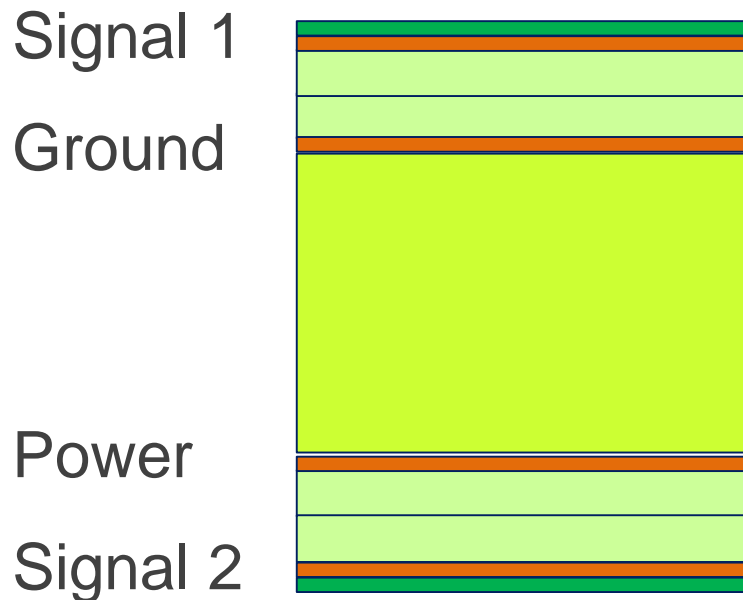
Aus EMV-Sicht ist es wichtiger den Signallagen eine Referenzlage zu spendieren. (Ziel “1”) und den Abstand zwischen Signal- und Referenzlage so dünn wie möglich zu gestalten (Ziel “2”).

Der Abstand zwischen Ground- und Powerlage (Ziel “3”) hat hier nur die zweite Priorität.



# Vier-Lagen Multilayer Leiterplatte

Wie auch immer, der folgende Lagenaufbau ist der am häufigsten übersehene Vier-Lagen-Aufbau für Leiterplatten unter EMV Gesichtspunkten.



# Vier-Lagen Multilayer Leiterplatte

Dieser Lagenaufbau bietet die folgenden Vorteile:

- ▶ Reduzierte Gegentakt Störungen verringert bis zu  $\sim 10\text{dB}$
- ▶ Verringerte Impedanz zwischen den Lagen verringert die Gleichtakt-Störungen beim Anschluss eventueller Kabel.
- ▶ Und zusätzlich wird die Gefahr des Übersprechens reduziert.

# Vier-Lagen Multilayer Leiterplatte

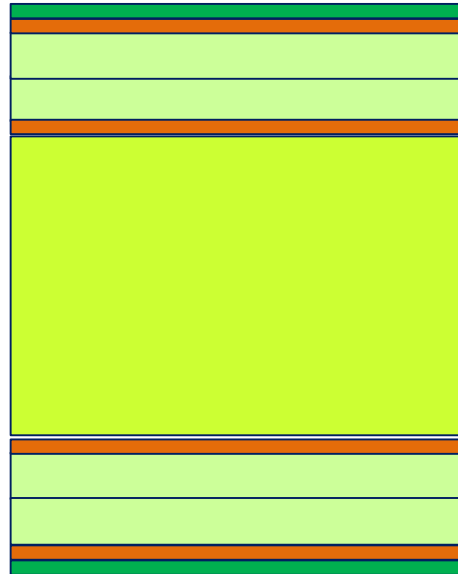
Von erfahrenen Designern wird häufig auch die folgende Variante realisiert:

Signal / Power

Ground

Ground

Signal / Power



In diesem Fall wird die Power-Lage gemeinsam mit der Signallage geroutet. Die eigentliche Power-Lage wird durch eine zweite Ground-Lage ersetzt.

# Vier-Lagen Multilayer Leiterplatte

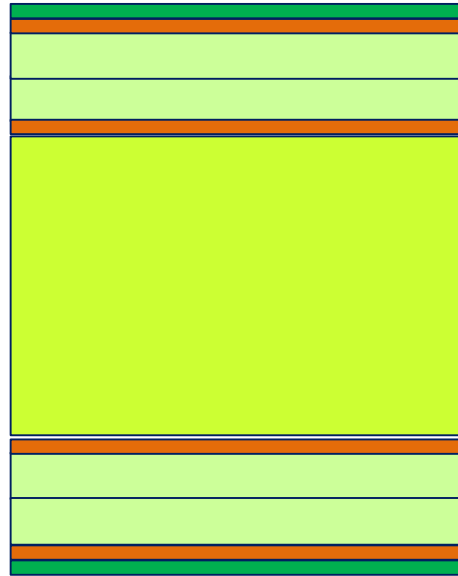
Der größte Nachteil dieser Variante ist die verringerte Abschirmung, verglichen mit der vorherigen Lösung.

Signal / Power

Ground

Ground

Signal / Power



Diese Konfiguration erlaubt das Erreichen der Ziele:

“1“, “2“, and “5“

aber nicht der Ziele:

“~~3~~“ or “~~4~~“.

6



## Sechs-Lagen Design

---

# Sechs-Lagen Multilayer Leiterplatte

---

Zwei weitere Signallagen zu verwenden, also eine Sechs-Lagen-Leiterplatte zu realisieren, bietet deutliche Vorteile, verglichen mit einer Vier-Lagen Leiterplatte.

- ▶ Die Einbettung von High-Speed Signalen zwischen den Lagen kann elektromagnetische Strahlung um bis zu 10dB reduzieren.
- ▶ Darüber hinaus wird der ESD Schutz erhöht.

# Sechs-Lagen Multilayer Leiterplatte

---

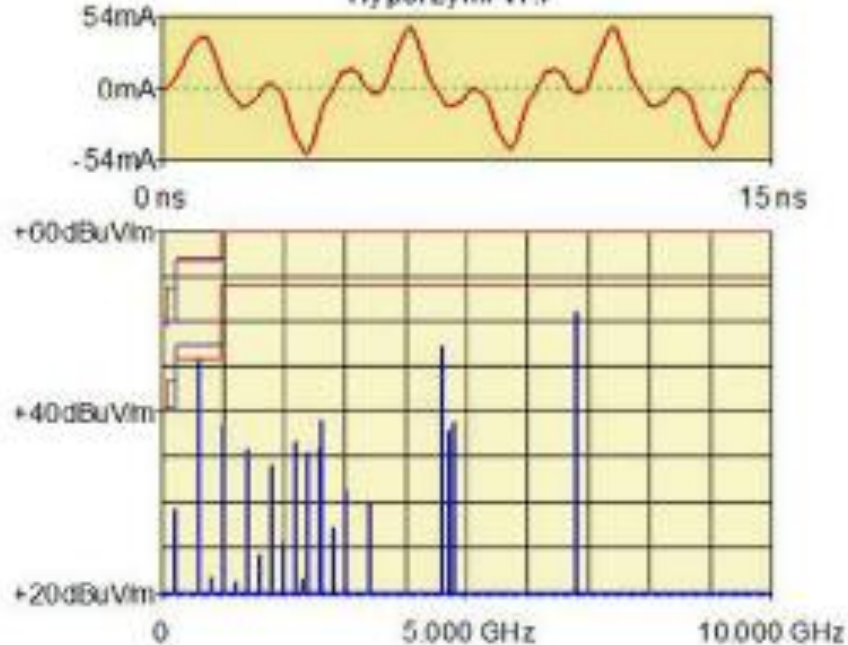
Generell kann man sagen, dass durch zwei zusätzliche Lagen die Abstrahlung reduziert wird, aber fast ebenso wichtig ist die Tatsache, dass der Einfluss externer Störquellen auf die Baugruppe ebenfalls deutlich verringert wird.

# Sechs-Lagen Multilayer Leiterplatte

**Top Layer Routing  
Spectrum Analyzer**

Design file: DDR22RTD HYP Designer: Barry Olney

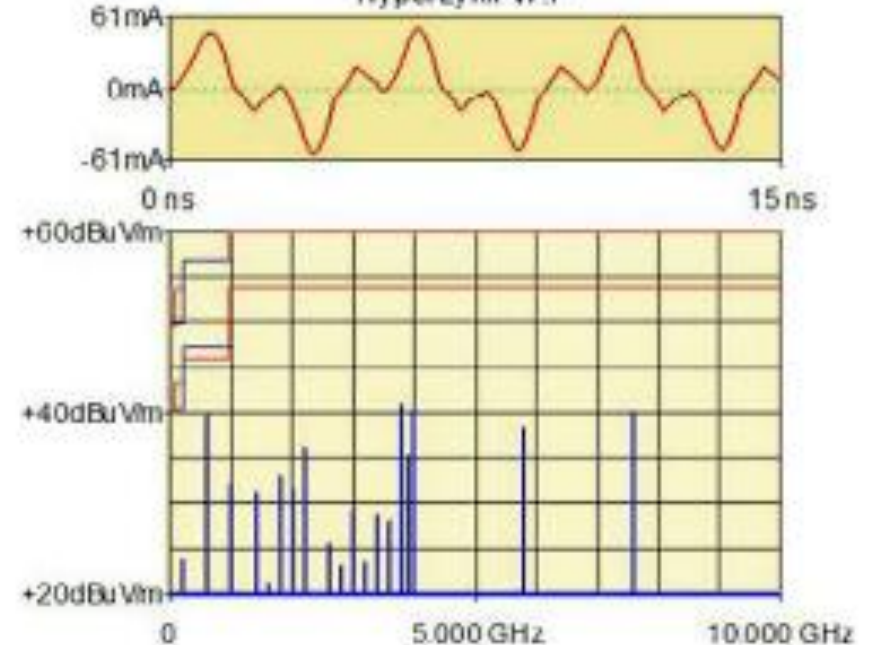
HyperLynx V7.7



**Inner Layer 3 Routing  
Spectrum Analyzer**

Design file: DDR2 HYP Designer: Barry Olney

HyperLynx V7.7

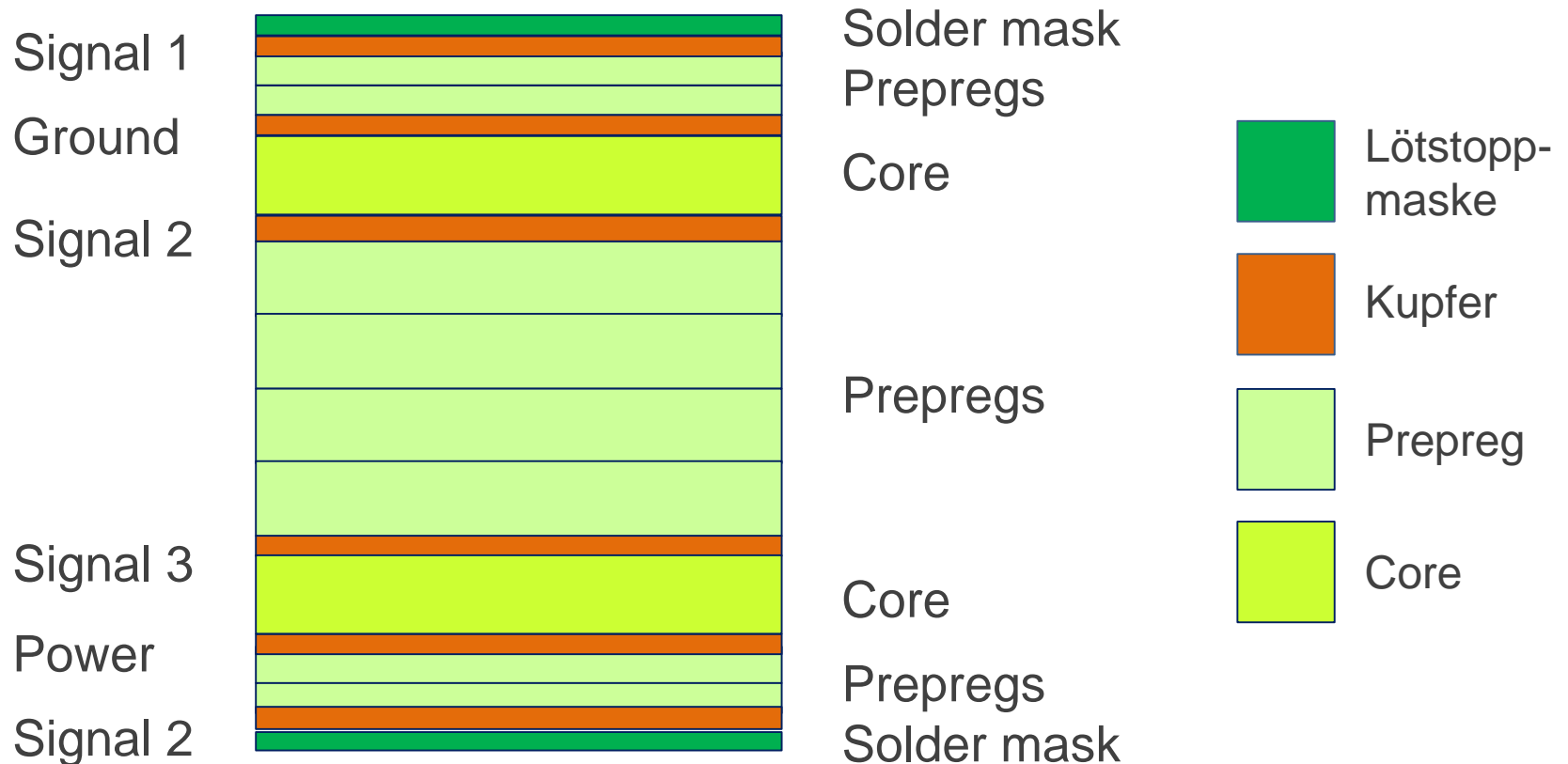


Vergleich der Strahlungsemission zwischen Außen- und Innenlagen.  
Eine Reduktion von ca. 10dB ist deutlich erkennbar.



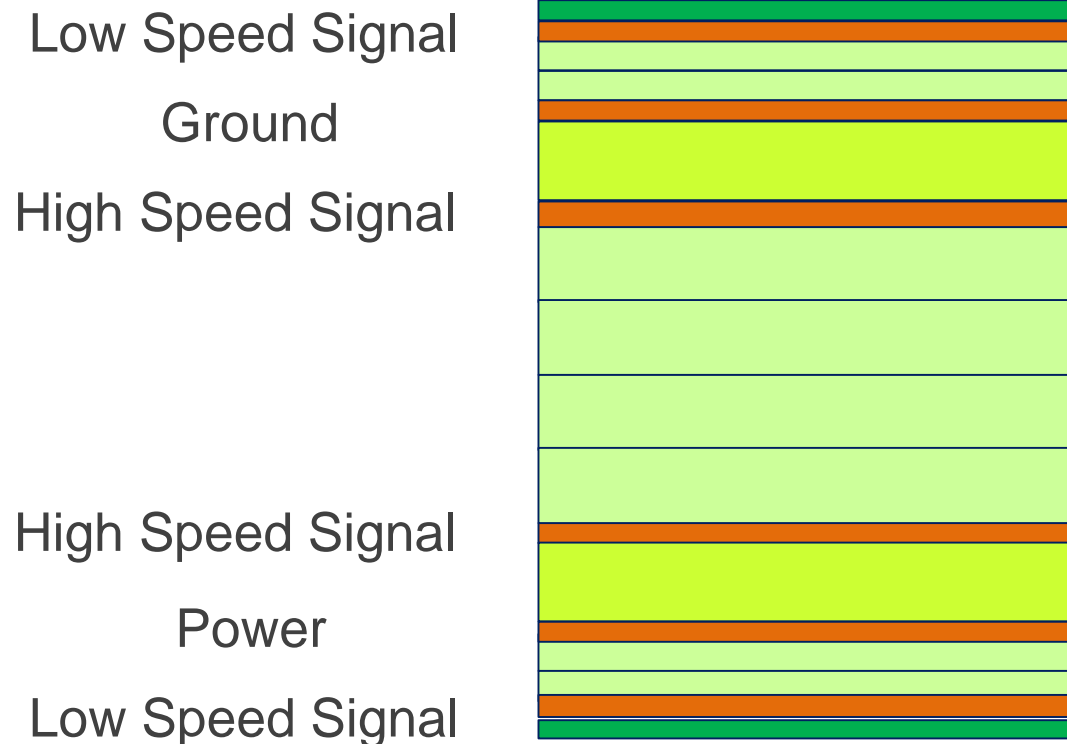
# Sechs-Lagen Multilayer Leiterplatte

Folgend eine sehr gut designte Sechs-Lagen PCB:



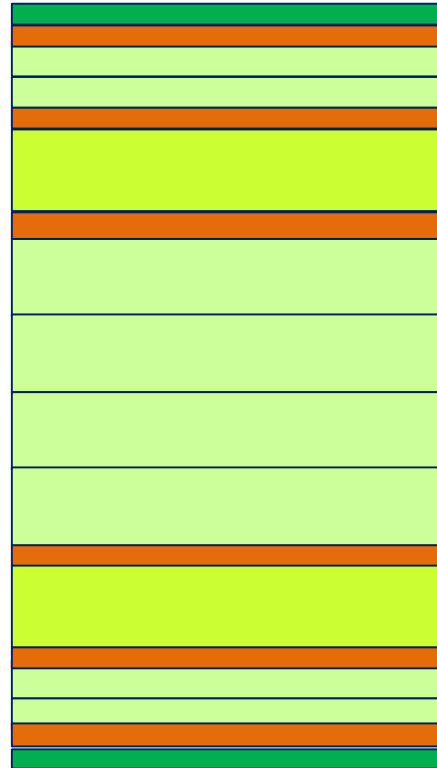
# Sechs-Lagen Multilayer Leiterplatte

Dies ist wahrscheinlich das am häufigsten realisierte Sechs-Lagen-Design. Bei der Kontrolle von Emissionen ist dieses Design äußerst effektiv.



# Sechs-Lagen Multilayer Leiterplatte

Low Speed Signal  
Ground  
High Speed Signal  
  
  
  
  
  
High Speed Signal  
Power  
  
Low Speed Signal

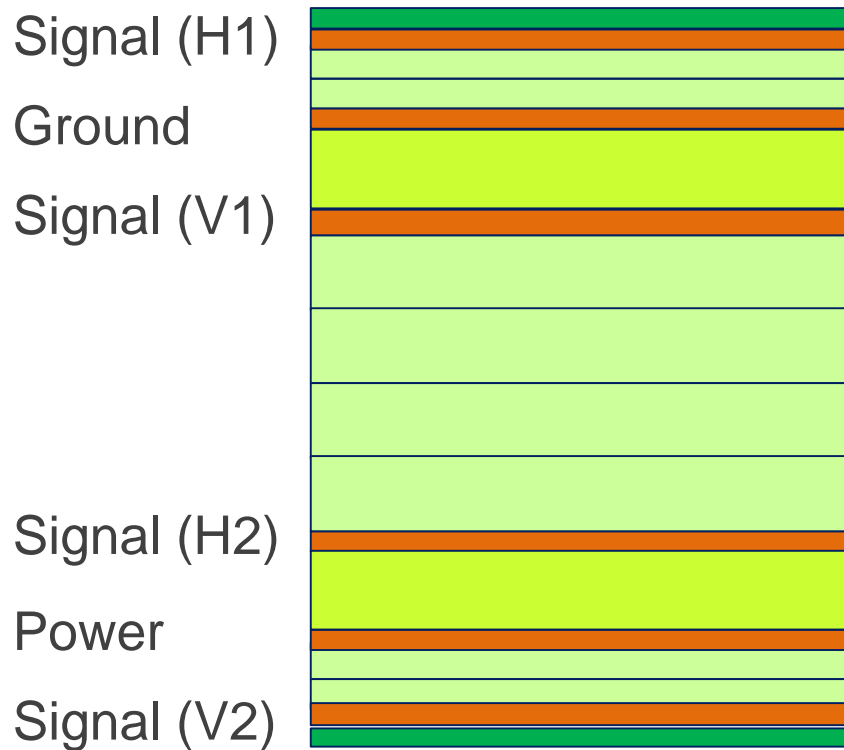


Dieses Layout erlaubt das Erreichen der Ziele: “1”, “2”, und “4” aber nicht der Ziele: “3” und “5”.

Die Schwachstelle ist die Separierung von Ground- und Powerlage. Dadurch fehlt die wichtige Kapazität zwischen diesen Lagen.

# Sechs-Lagen Multilayer Leiterplatte

Grundsätzlich sollten die Signallagen orthogonal (rechtwinkelig) zueinander angeordnet sein:

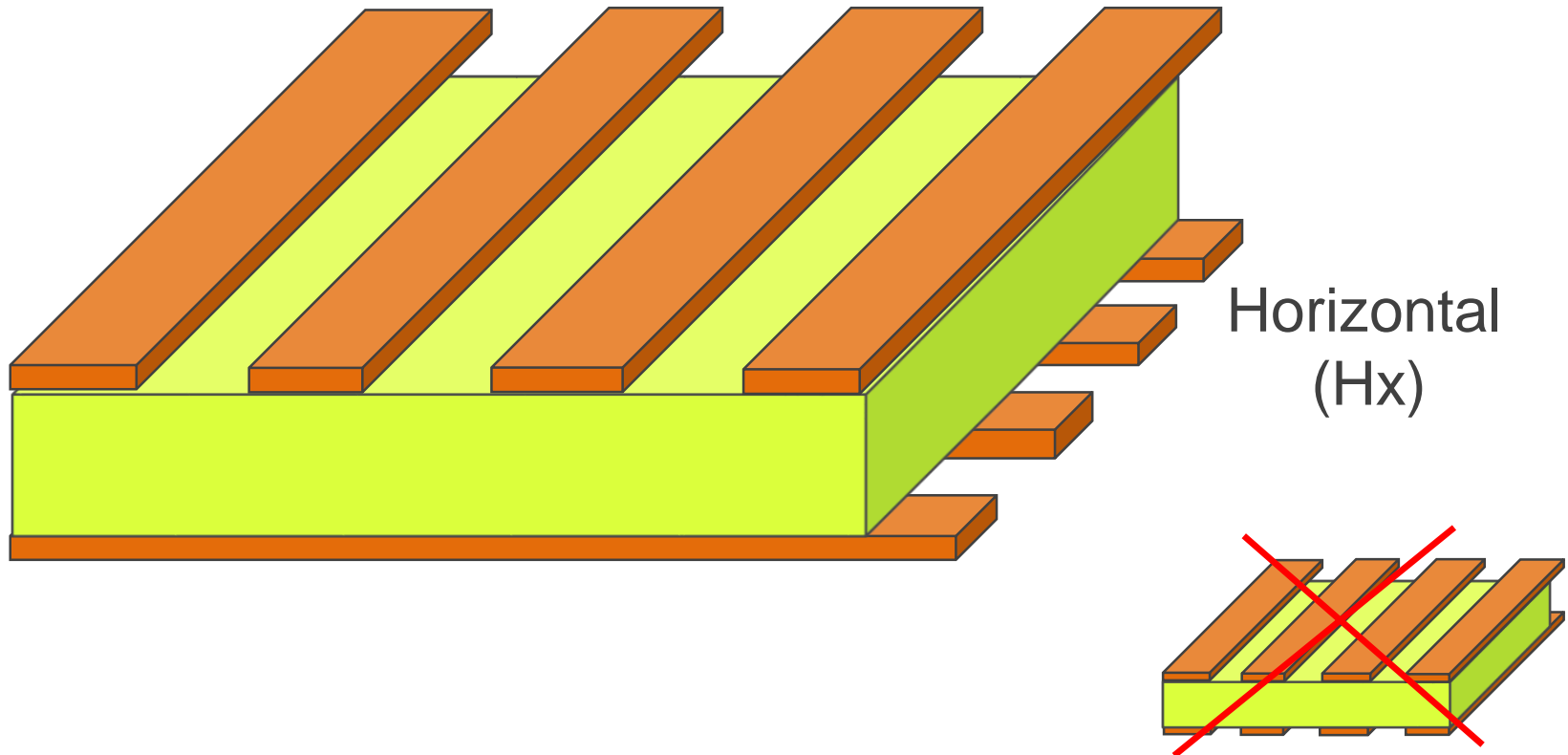


H1 steht für Signal 1 horizontal geroutet, V1 steht für Signal 1 vertikal geroutet. H2 und V2 analog dazu.

# Sechs-Lagen Multilayer Leiterplatte

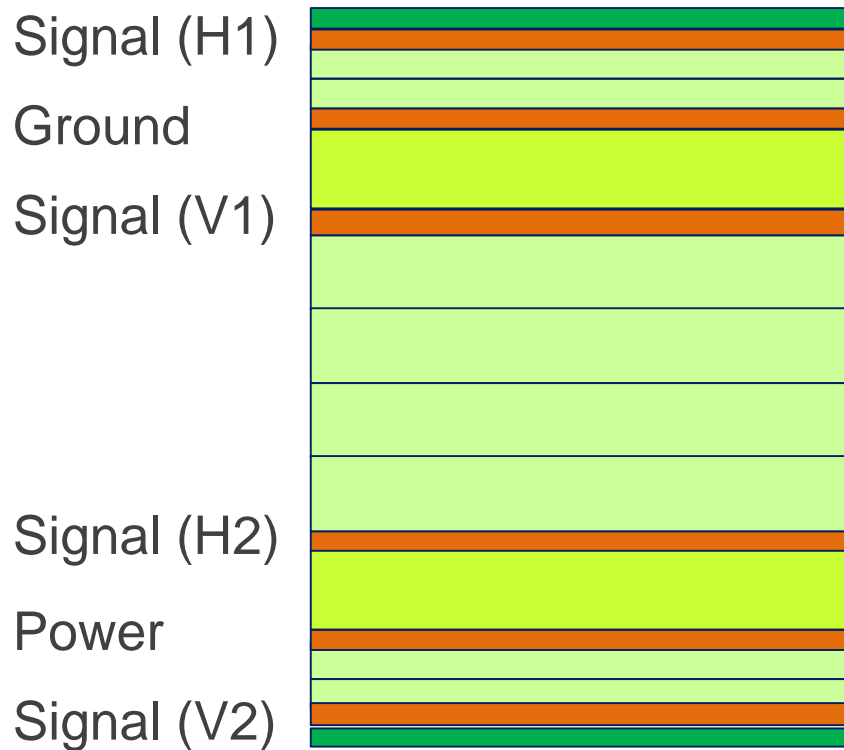
Orthogonales (rechtwinkliges) Layout:

Vertikal (Vx)



# Sechs-Lagen Multilayer Leiterplatte

Der Nachteil dieses Lagenaufbaues ist, dass Lage 1 und Lage 6 nicht abgeschirmt sind.



Diese Konfiguration erlaubt das Erreichen der Ziele:

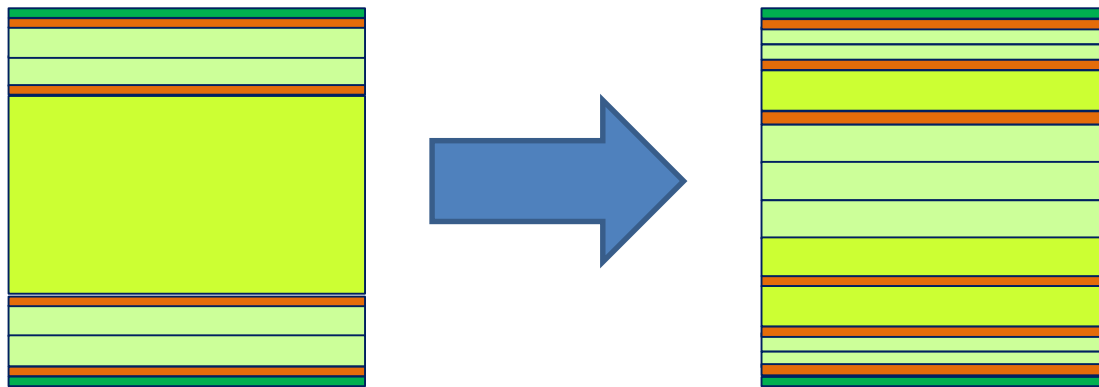
“1” und “2”,

aber nicht der Ziele:

“~~3~~”, “~~4~~” und “~~5~~”

# Sechs-Lagen Multilayer Leiterplatte

Es ist einfacher eine gute EMV-Performance mit einem Sechs-Lagen Stack-up, als mit einem Vier-Lagen-Design zu erzielen. Zusätzlich stehen vier statt zwei Signallagen zur Verfügung, was z.B. bei komplexen BGAs sehr hilfreich sein kann.



6



## Acht-Lagen Design

---



# Acht-Lagen Multilayer Leiterplatte

---

Eine Acht-Lagen Platine eröffnet uns zum ersten Mal die Möglichkeit, alle fünf der oben genannten Designziele zu erreichen.

Obwohl viele 8L-Stack-up Varianten möglich sind, werden wir hier nur die diskutieren, die sich durch eine ausgezeichnete EMV-Performance bewährt haben.

Die hier vorgestellten Varianten erhöhen also nicht die Anzahl der Signalebenen, sondern der Schwerpunkt ist die Verbesserung der EMV-Performance.

# Acht-Lagen Multilayer Leiterplatte

---

Wichtiger Hinweis:

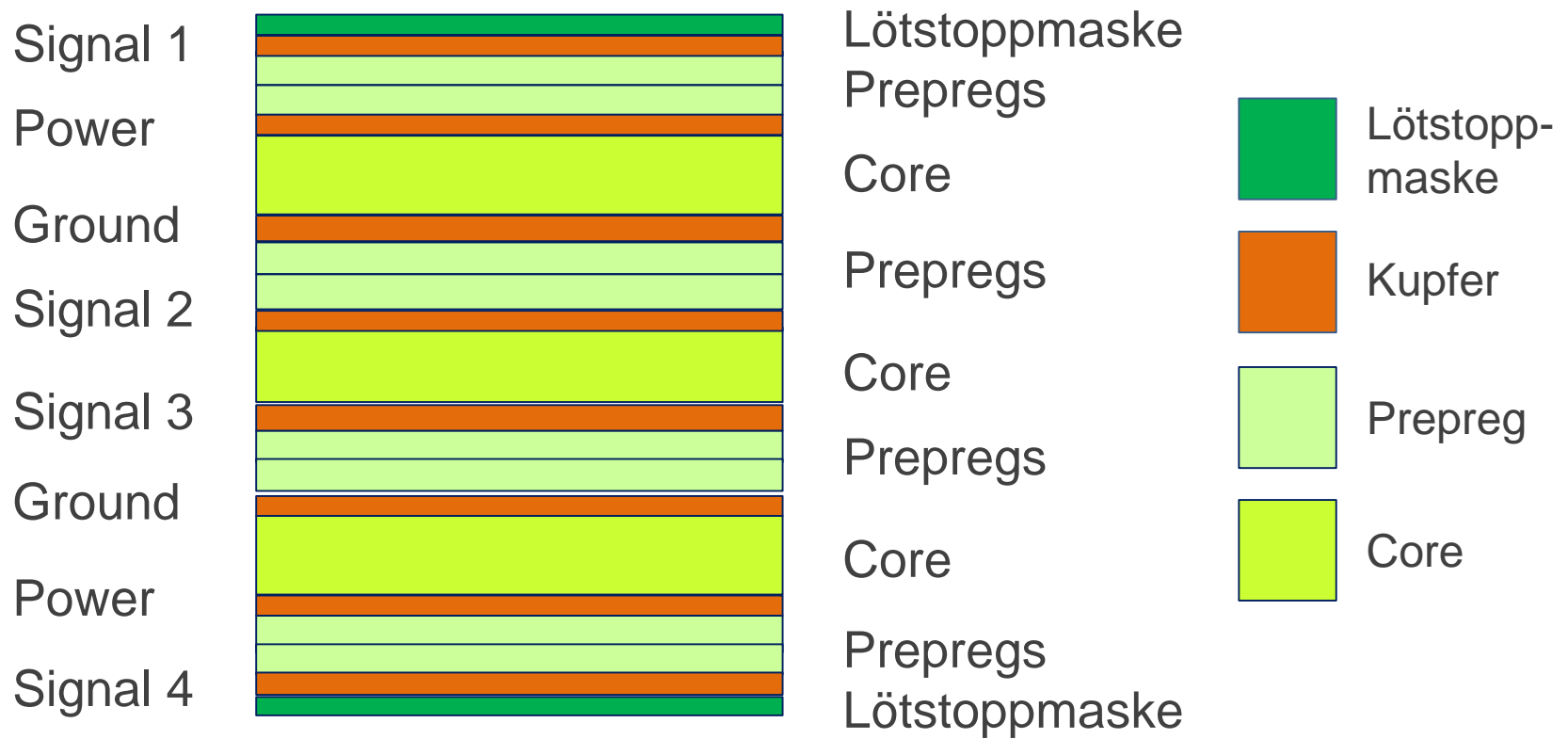
Eine Acht-Lagen-Leiterplatte mit sechs Signalebenen wird definitiv nicht empfohlen, ganz gleich wie die einzelnen Lagen angeordnet sind.

Wenn Sie Sechs Signallagen benötigen, sollten Sie eine Zehn-Lagen-Leiterplatte wählen.

Grundsätzlich kann man sagen, dass eine Acht-Lagen-Leiterplatte eine Sechs-Lagen-PCB mit optimierter EMV Performance ist.

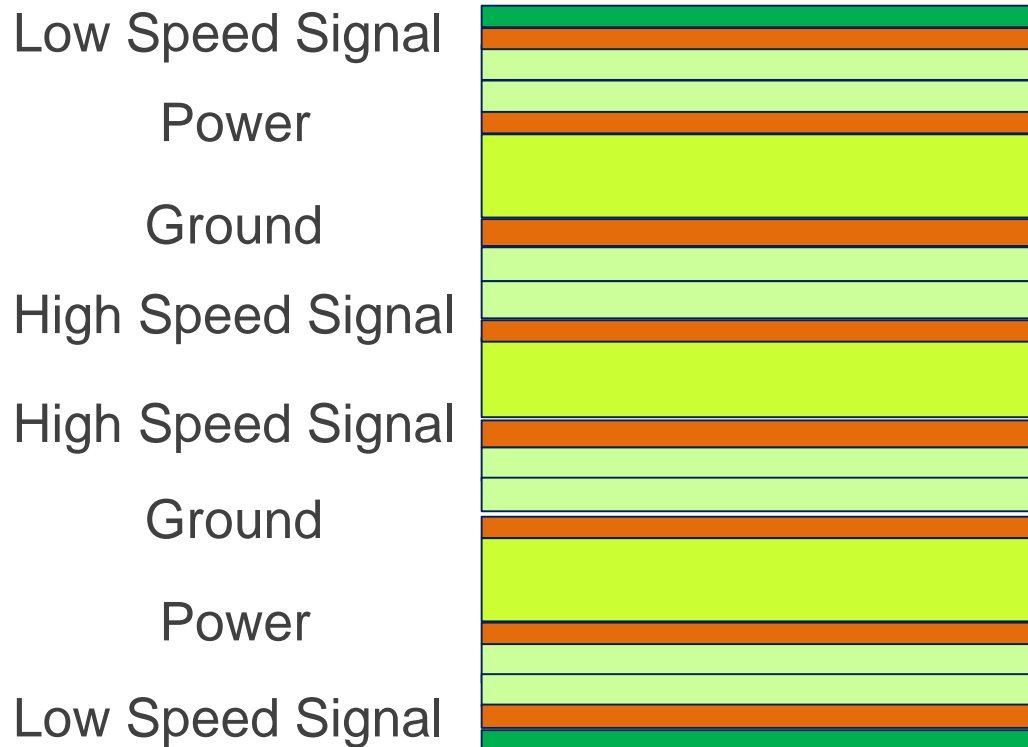
# Acht-Lagen Multilayer Leiterplatte

Hier nun eine Acht-Lagen-Leiterplatte mit hervorragenden EMV Eigenschaften:



# Acht-Lagen Multilayer Leiterplatte

Hier nun eine Acht-Lagen-Leiterplatte mit hervorragenden EMV Eigenschaften:

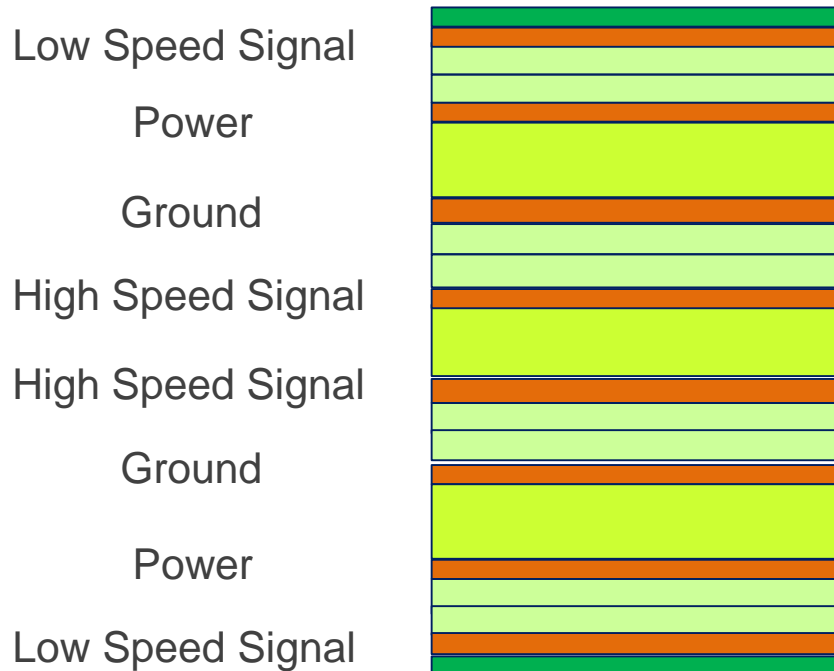


Mit dieser  
Lagensequenz  
werden alle  
5 Designziele  
erreicht!



# Acht-Lagen Multilayer Leiterplatte

Alle Signallagen sind benachbart zu Referenzlagen. Mit diesen sind sie eng gekoppelt. Auch die Ground- und Power-Lagen sind eng gekoppelt.



Die High-Speed Signale sind gut geschirmt vergraben zwischen Referenzlagen und wir haben zwei reine Ground-Lagen.

# Acht-Lagen Multilayer Leiterplatte

Eine weiterer sehr guter Stack-up stellt die folgende Variante dar:

Ground / Mounting Pad

Signal (H1)

Ground

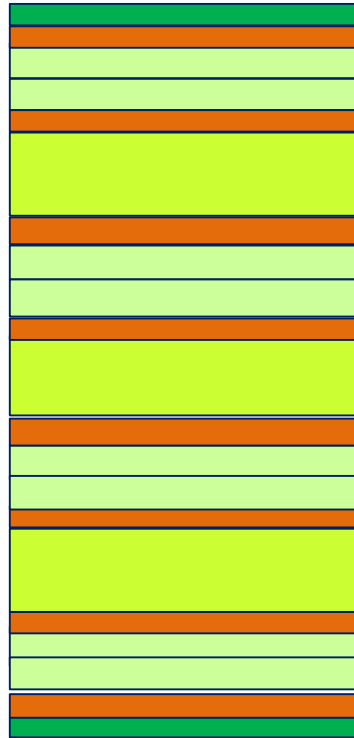
Signal (V1)

Signal (H2)

Power

Signal (V2)

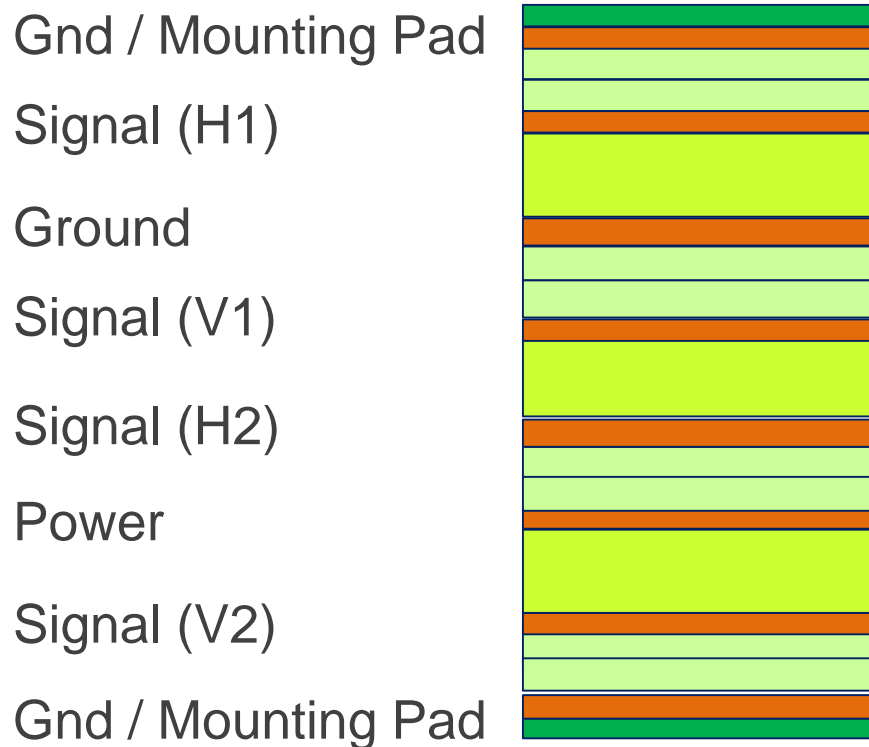
Ground / Mounting Pad



Diese Konfiguration ist ähnlich wie die vorherige, jedoch sind die äußeren Signallagen durch Ground-Lagen ersetzt. Lediglich die Anschluss pads für die Bauteile sind nach außen geführt.

# Acht-Lagen Multilayer Leiterplatte

H1 zeigt die horizontale Signal-Routing-Ebene und V1 zeigt die vertikale Signal-Lage (orthogonal), H2 und V2 sind analog dazu:

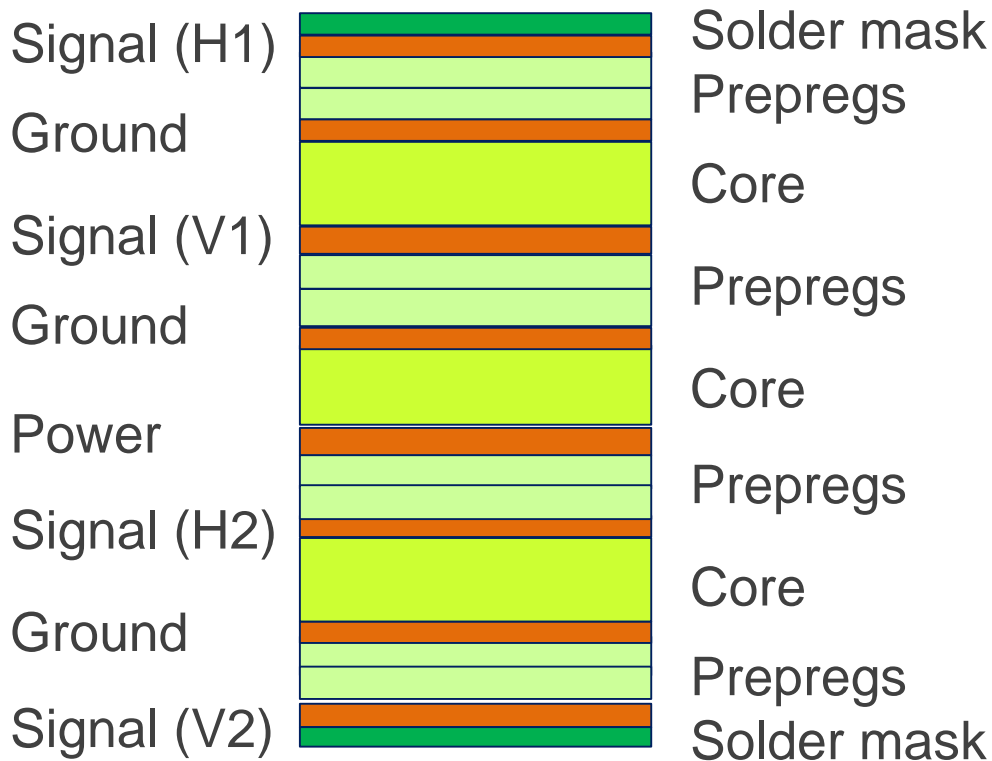


Auch mit dieser  
Lagensequenz  
werden alle  
5 Designziele  
erreicht!



# Acht-Lagen Multilayer Leiterplatte

Eine weitere gute Lösung:



Dieses Layout erlaubt  
das Erreichen der Ziele:  
“1“, “2“, “3“  
und “5“ aber nicht das  
Ziel: “x4“



6



## Zehn-Lagen Design

---

# Zehn-Lagen Multilayer Leiterplatte

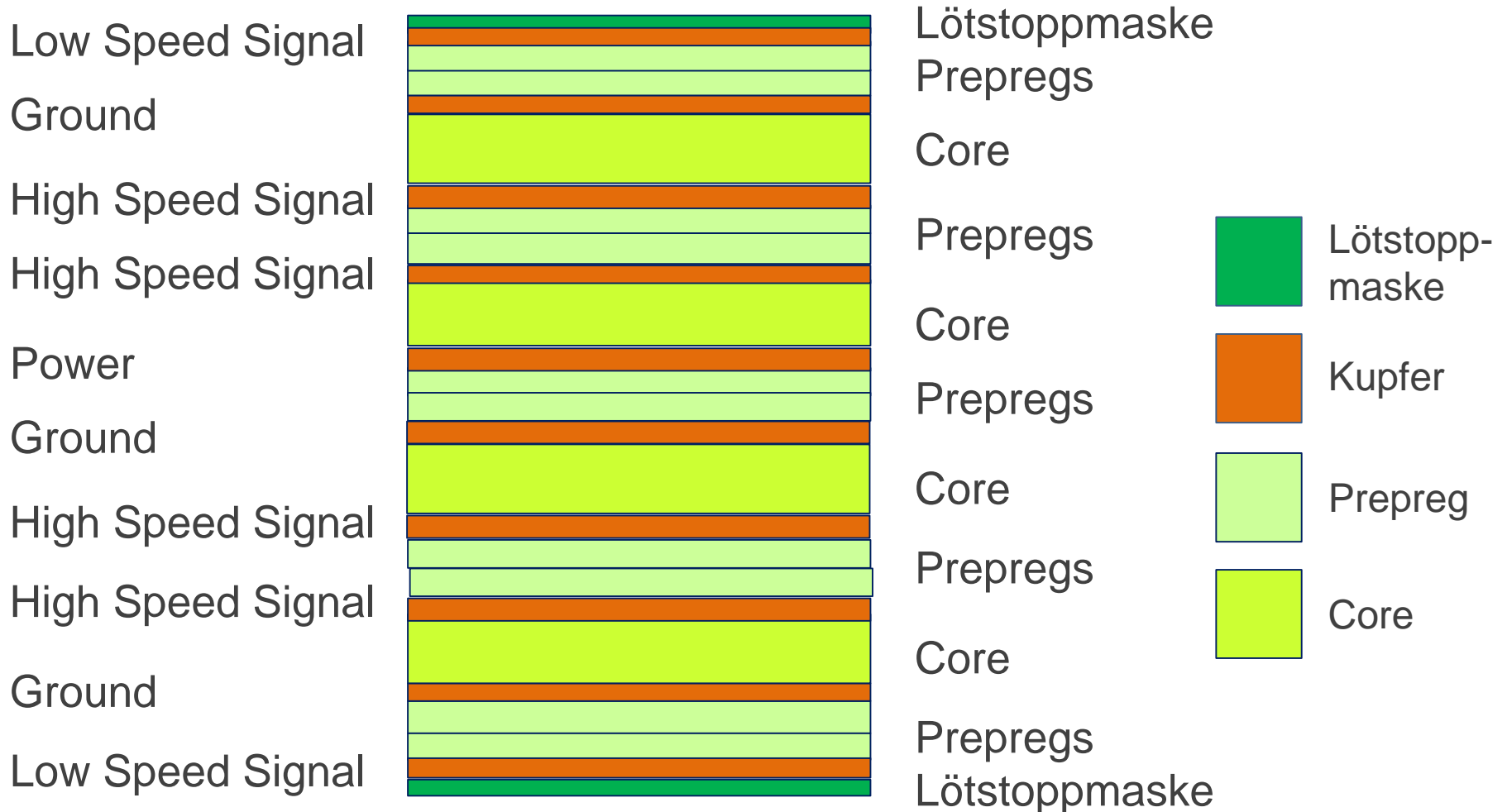
---

Eine Zehn-Lagen-Leiterplatte sollte verwendet werden, wenn sechs Signallagen erforderlich sind.

Um eine gute EMV Performance zu erreichen, wird empfohlen, nie mehr als 6 Signallagen auf einer Zehn-Lagen-Platine vorzusehen.

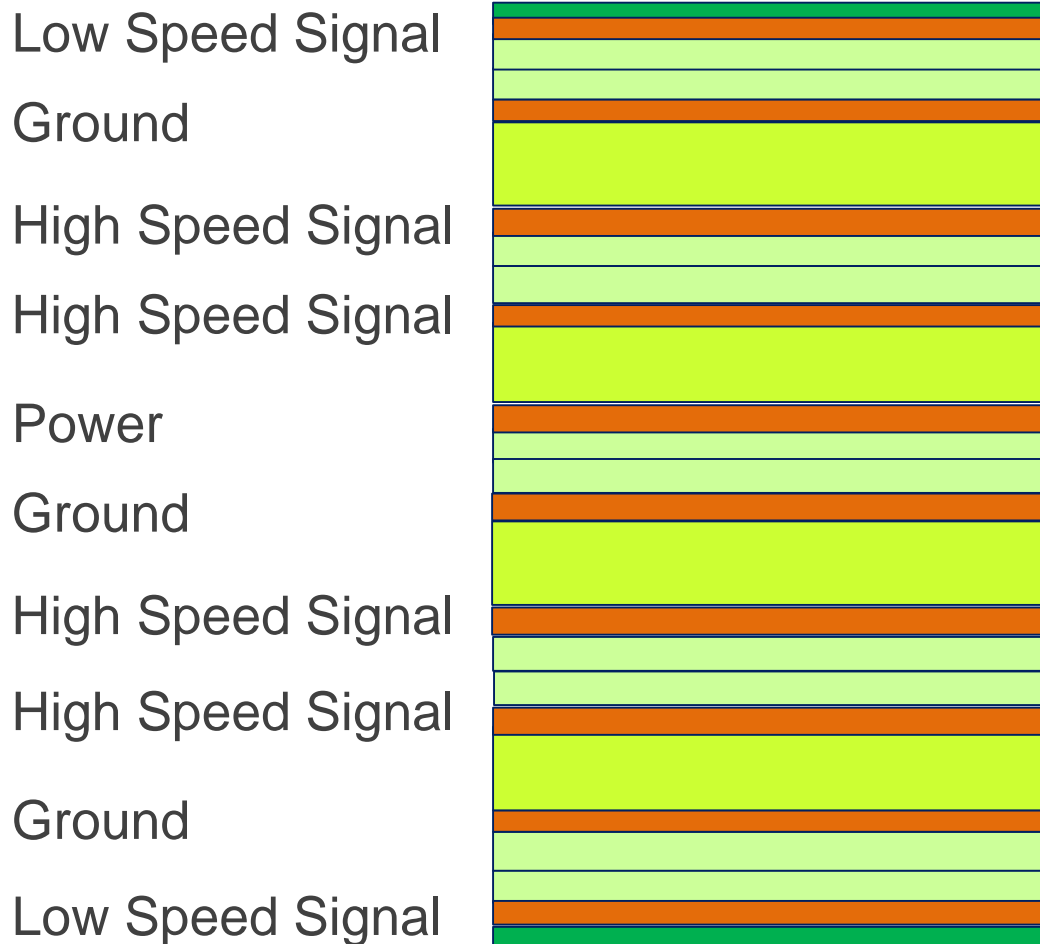
# Zehn-Lagen Multilayer Leiterplatte

Eine sehr häufig anzutreffende Zehn-Lagen-Platine:



# Zehn-Lagen Multilayer Leiterplatte

Eine sehr häufig anzutreffende Zehn-Lagen-Platine:



Mit dieser  
Lagensequenz  
werden alle  
5 Designziele  
erreicht!



# Zehn-Lagen Multilayer Leiterplatte

---

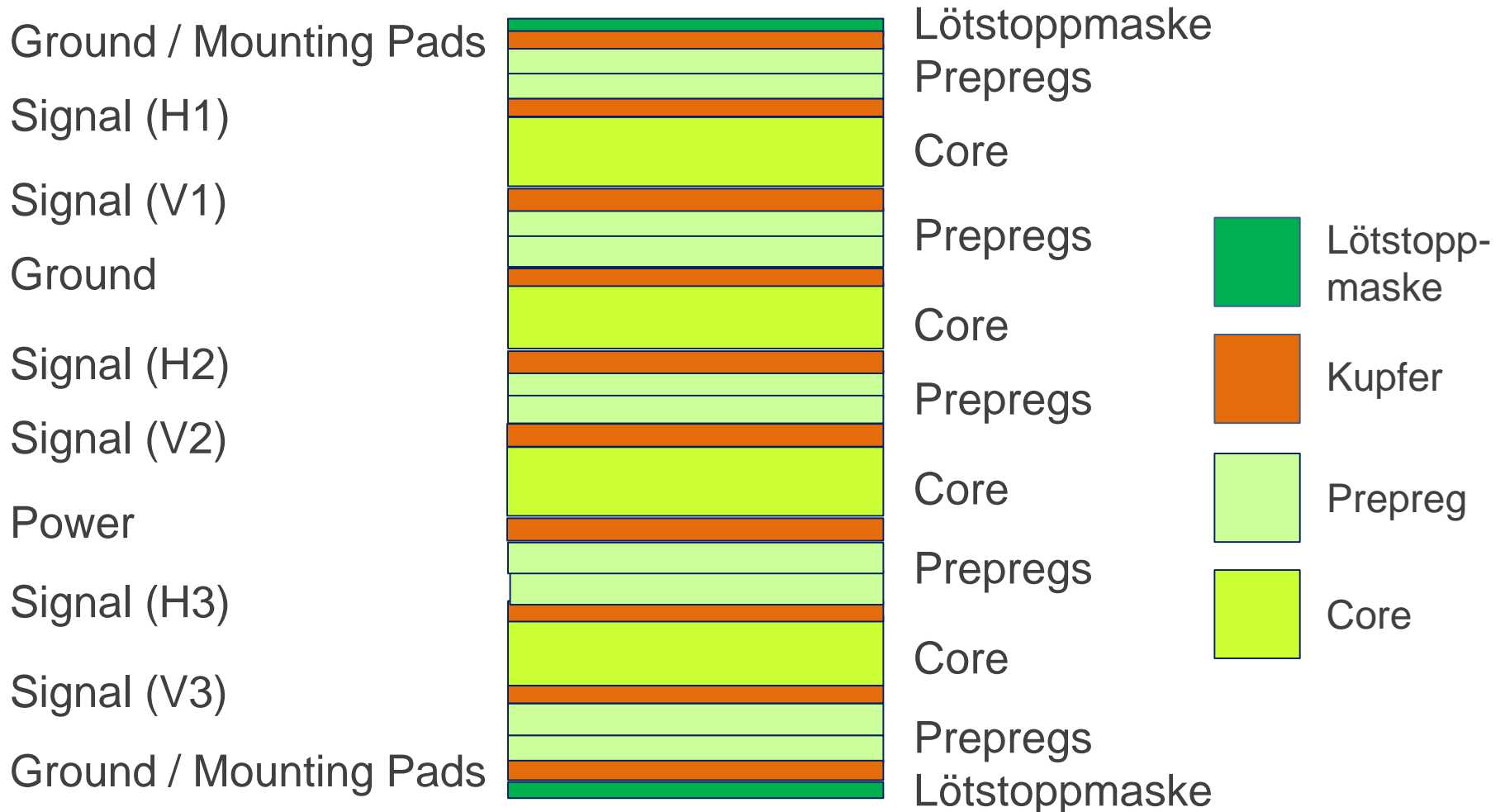
Man kann den vorangegangenen Lagenaufbau als fast perfekt bezeichnen.

Der Grund für diese sehr gute EMV-Performance ist:

- ▶ die enge Kopplung der Signal-und Referenzlagen,
- ▶ die gute Abschirmung der High-Speed Lagen,
- ▶ das Vorhandensein mehrerer Ground-Ebenen,
- ▶ sowie das eng gekoppelte Ground/Power Lagenpaar in der Mitte der Leiterplatte.

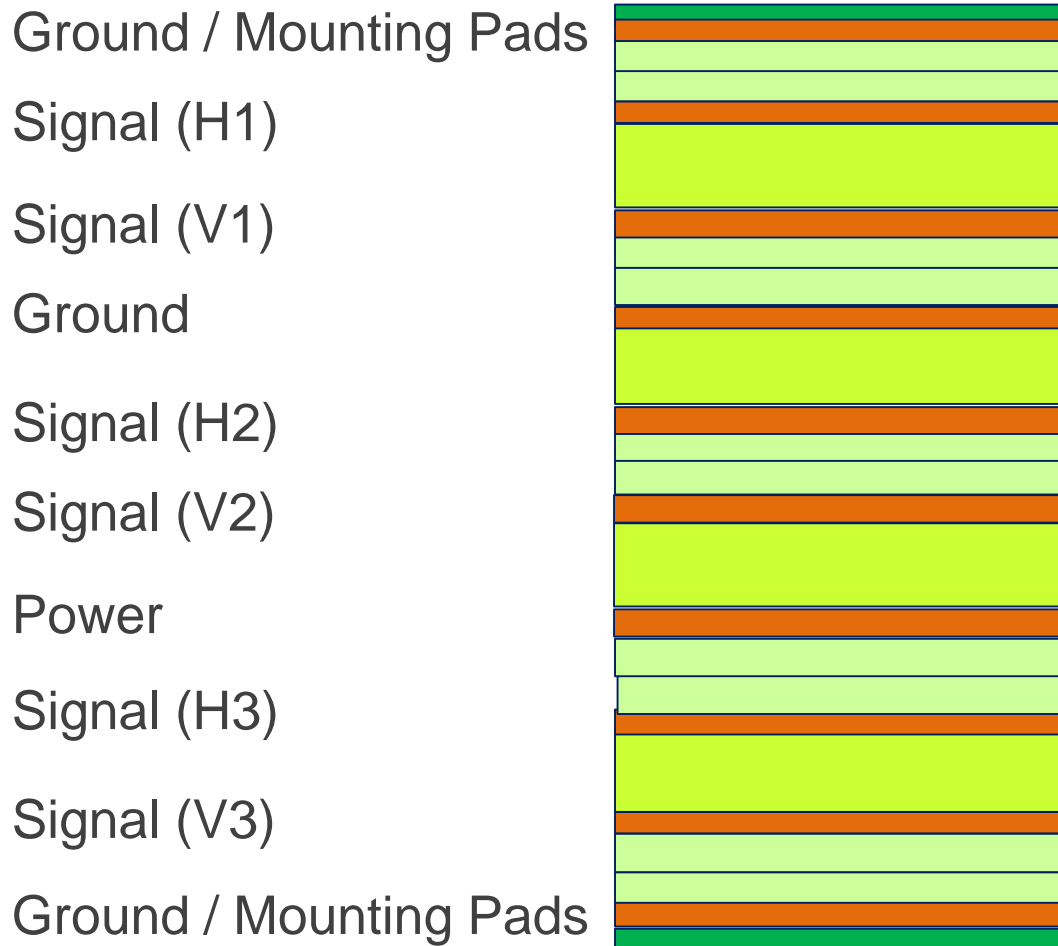
# Zehn-Lagen Multilayer Leiterplatte

Ein weiterer häufig anzutreffender Stack-up:



# Zehn-Lagen Multilayer Leiterplatte

Ein weiterer häufig anzutreffender Stack-up:



Dieses Layout erlaubt  
das Erreichen der Ziele:

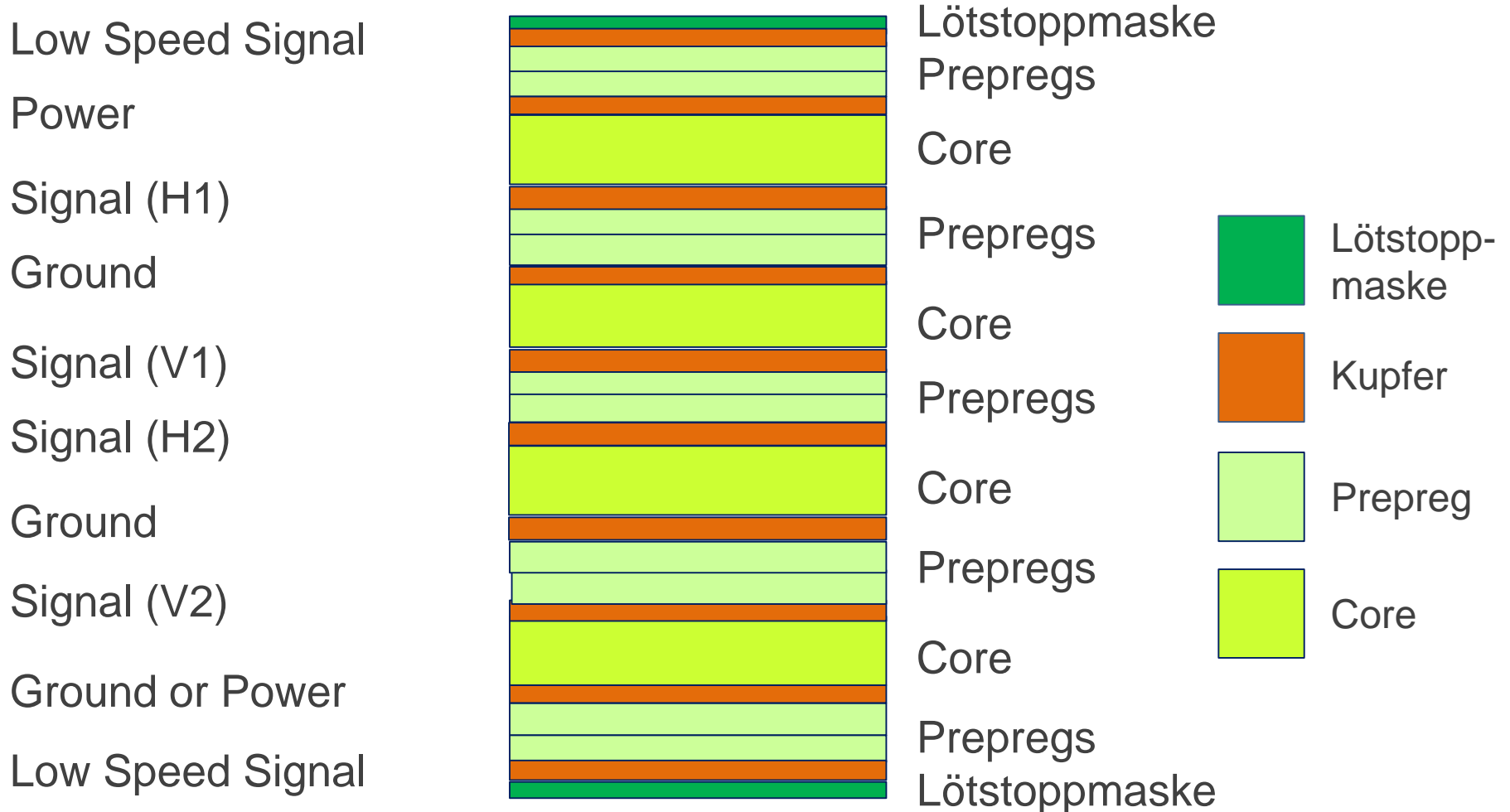
“1“, “2“, “4“

und “5“

aber nicht des Ziels: “~~3~~“.

# Zehn-Lagen Multilayer Leiterplatte

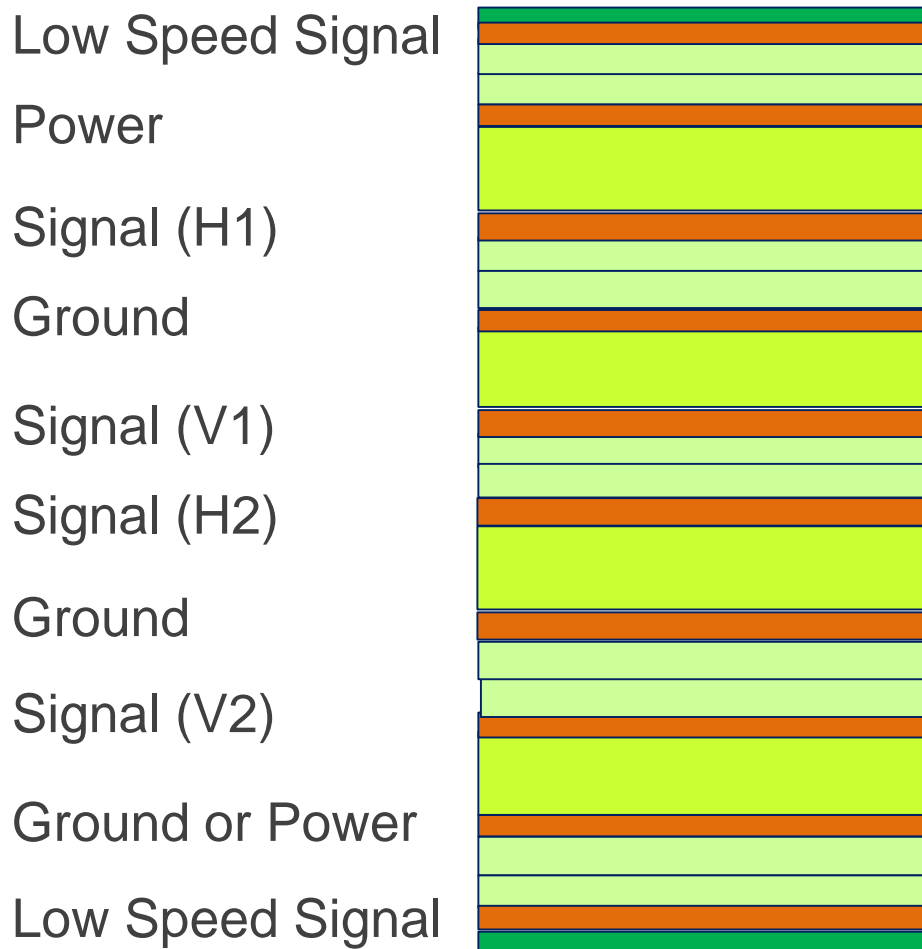
Eine dritte, sehr gute Variante für eine 10-Lagen-PCB:





# Zehn-Lagen Multilayer Leiterplatte

## Eine dritte, sehr gute Variante für eine 10-Lagen-PCB:



Dieses Layout erlaubt  
das Erreichen der Ziele:  
“1“, “2“, “4“ und “5“  
aber nicht des Ziels: “3“.

7



## Schlussbemerkungen

---

# Schlussbemerkungen

---

Zusammenfassend möchte ich hier nochmals auf zwei bereits gezeigte Seiten eingehen, die ich für die Essenz dieses Vortrages halte:

- ▶ Hin- und Rückweg von Signalleitungen
- ▶ Fünf wichtige Designziele für ML-PCBs

# Hin- und Rückweg von Signalleitungen

---

Wie bereits vorher erwähnt:

Einer der Schlüssel bei der Bestimmung des optimalen Leiterplattenlayouts ist, zu verstehen, wie und wo die Signalrückströme tatsächlich fließen.

**"Es gibt kein schwarzes Loch für Signale"**

# Fünf wichtige Designziele für ML-PCBs

---

Die folgenden fünf Designziele sollte jeder Layouter beim Entwurf einer ML-PCB beachten:

- 1 Eine Signal-Lage immer benachbart zu einer Ground-Lage (Referenz-Lage)
- 2 Signallagen eng gekoppelt mit benachbarten Ebenen
- 3 Kopplung der Ground- und Power-Lage
- 4 High-Speed-Signale zwischen Ground-Lagen
- 5 Mehrere Ground-Lagen

# Literatur / References

---

- Barry Olney: "The dumping Ground"  
Henry W. Ott: "Electromagnetic Compatibility Engineering"  
Lee W. Ritchey: "Speeding Etch"  
Arnold Wiemers: "Strategien für den Aufbau von Multilayern unter dem Aspekt der Zuverlässigkeit"  
Arnold Wiemers: "Was modern Multilayer-Systeme leisten können"

<http://www.rogerscorporation.com>

<http://www.chemandy.com>

THANK'S FOR LISTENING

**Vielen Dank  
für's Zuhören  
und für Ihre  
Aufmerksamkeit**

**FINELINE**  
EXCELLENCE IN PCB

