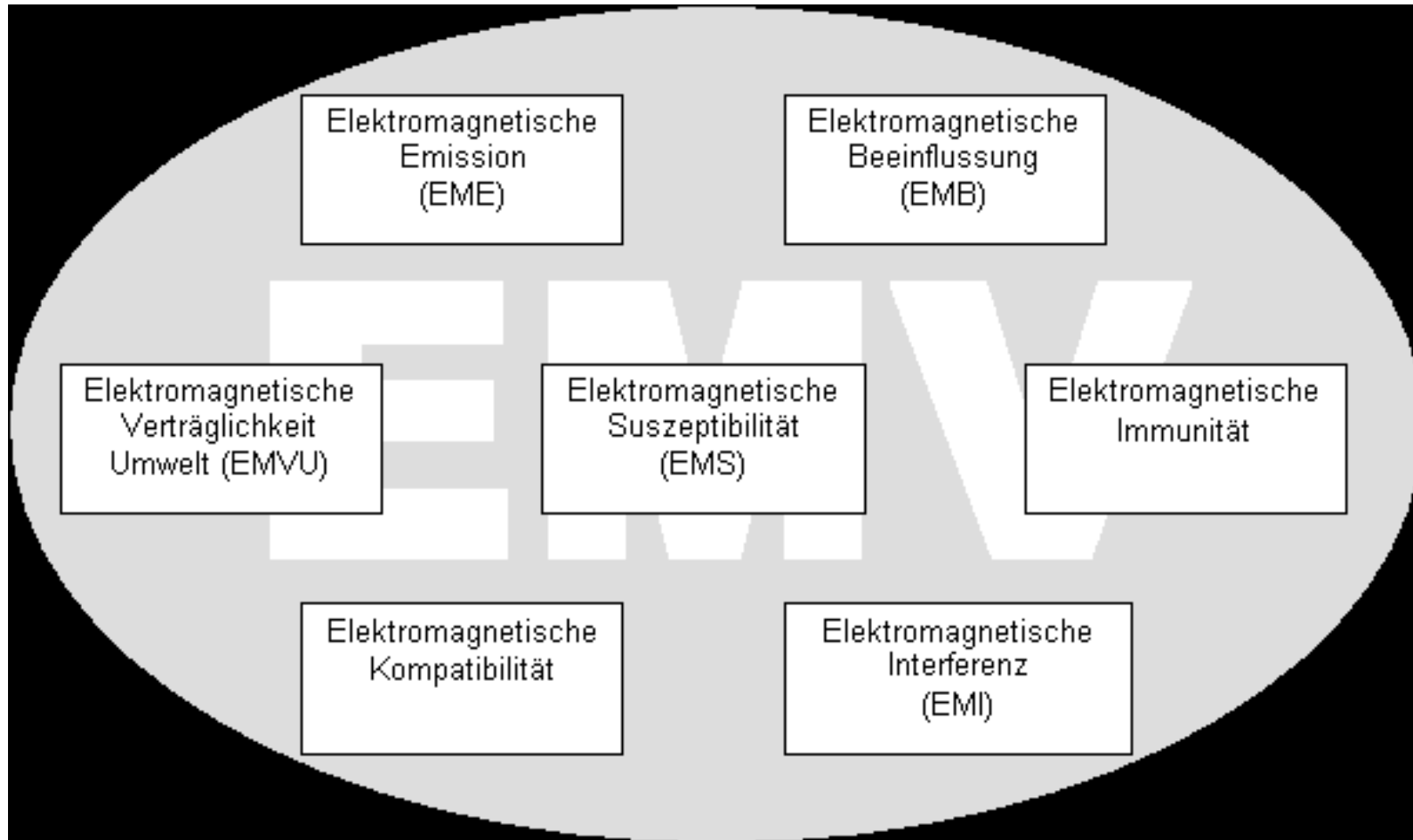


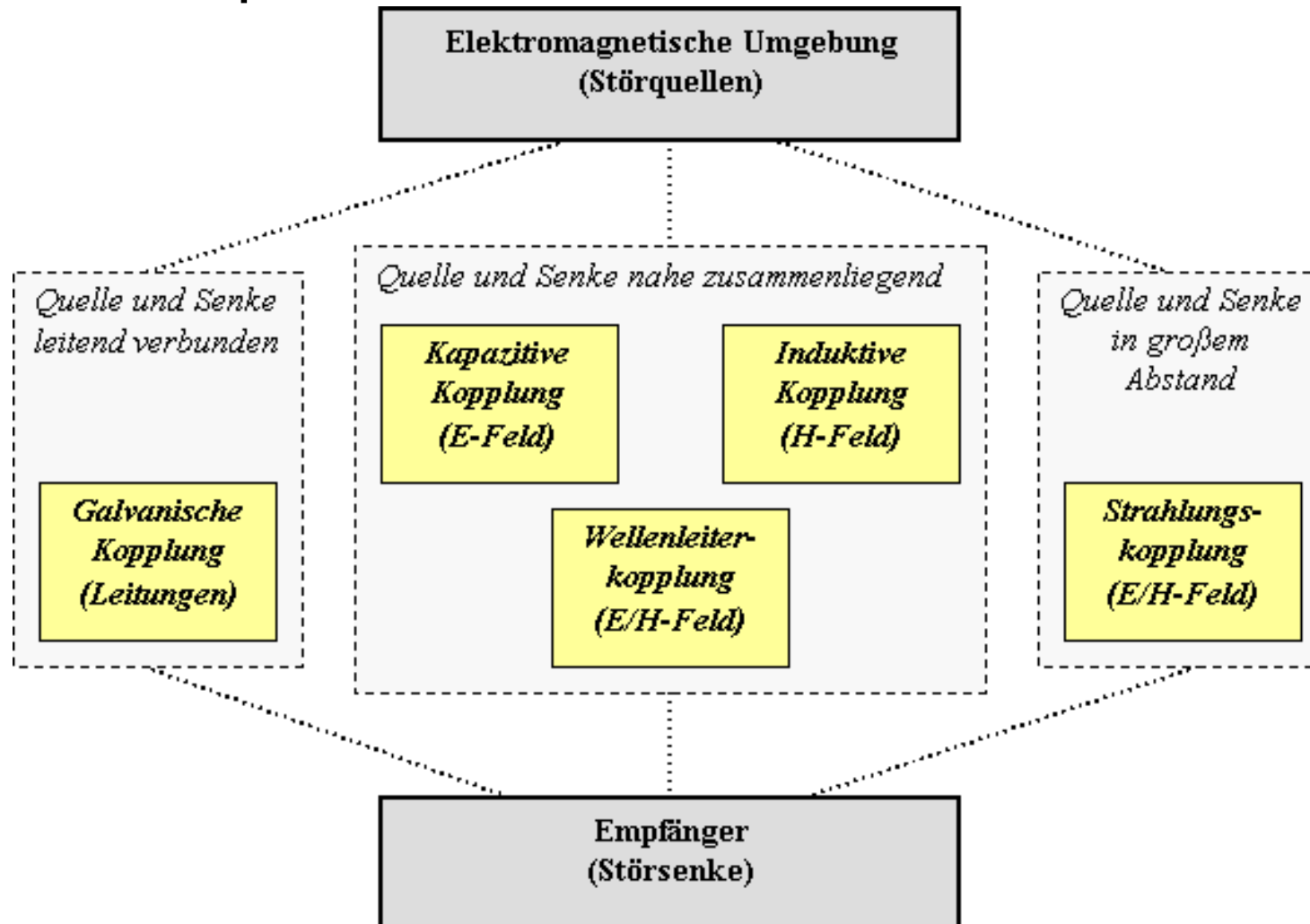
EMV Betrachtungen: Begriffe



EMV Gesichtspunkte

- **Berechnung der galvanischen Kopplung:** Galvanische Kopplungen treten dort auf, wo Stromkreise (Quelle) dieselbe Rückleitung benutzen. Dieses ist besonders bei Masseleitungen und Versorgungsleitungen der Fall.
- **Berechnung der induktiven Kopplung:** Die Ursache der induktiven Störkopplung ist die Änderung des magnetischen Flusses, die der Stromkreis der Störquelle in der Fläche des Stromkreises der Störsenke erzeugt. Somit sind die Signale interessant, auf denen große Stromänderungen innerhalb kurzer Zeiten auftreten, bzw. Ströme mit hohen Frequenzen fließen.
- **Berechnung der kapazitiven Kopplung:** Die kapazitive Kopplung tritt zwischen zwei Stromkreisen auf, deren Signale unterschiedliche Potentiale besitzen. Hohe Frequenzen bzw. geringe Anstiegszeiten wirken sich aus.
- **Berechnung des Koppelfaktors:** Mit dem Koppelfaktor werden induktive und kapazitive Kopplungen gemeinsam bewertet.
- **Berechnung der Strahlungskopplung:** In schnell taktenden Halbleiter- Schaltungen sind praktisch ausschließlich Signalstromschleifen für die Strahlungskopplung verantwortlich. Durch die relativ hohen Stromsprünge werden in den Leitern dynamische Magnetfelder erzeugt. Die einzelnen Stromschleifen wirken dabei als Antennen mit der Charakteristik eines magnetischen Dipols. Der Betrag der resultierenden magnetischen und elektrischen Störfeldstärke ist abhängig von der Anstiegszeit, der Taktfrequenz, dem Schleifenstrom und der zugehörigen Schleifenfläche.
- **Berechnung der maximalen Leiterbahnlänge:** Die Leiterbahnlänge eines Signals darf nicht beliebig lang sein. Die Signalfrequenzen bzw. Anstiegszeiten erlauben eine maximal zulässige Länge. Wird diese überschritten kommt es zu Störungen, z.B. Reflexionen, und das ursprüngliche Signal könnte verändert werden. Fehler des Systems wären die Folge.

EMV Gesichtspunkte



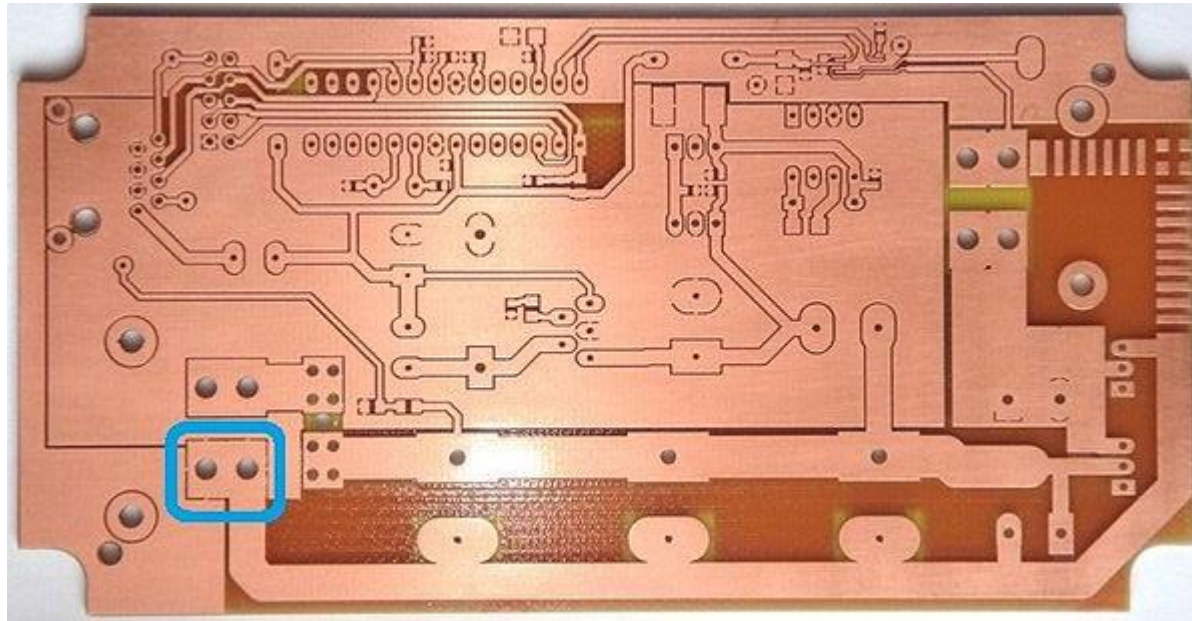
EMV Gesichtspunkte – Galvanische Kopplung

Maßnahmen zur Verbesserung:

- **Leitungsverlegung des Bezugspotentials (Masse)**
 - Kurze Leitungslänge
 - Großer Leitungsquerschnitt
 - Große Leitungsoberfläche
 - Kleine Stromschleifenfläche

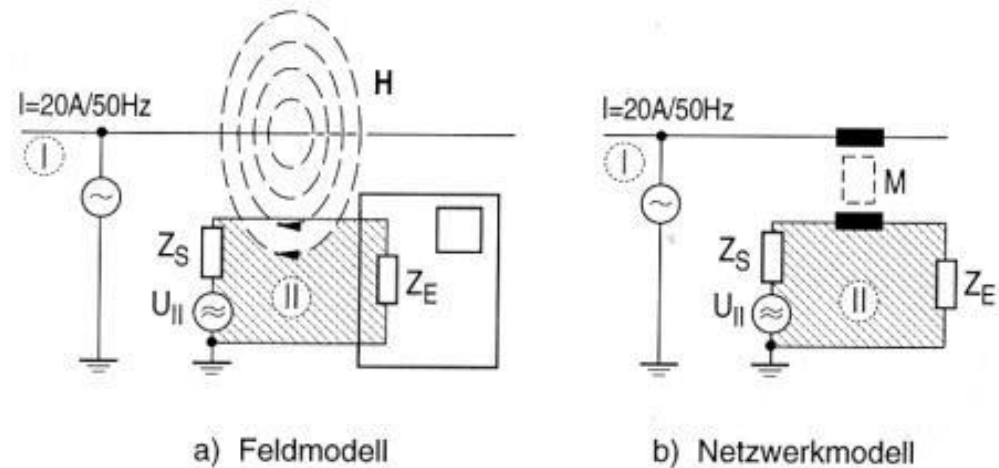
EMV Gesichtspunkte

- Massefläche



EMV Gesichtspunkte

Induktive Kopplung



Maßnahmen zur Verbesserung

- Um eine geringe Störkopplung zu erreichen, müssen Signalleiterbahnen wie auch Bezugspotentiale möglichst kleine Flächen aufweisen. Dies kann durch kurze Leiterbahnführung und möglichst enge Zusammenführung der Signalleitung mit der Rückleitung erreicht werden.
- Ausserdem sollten die Signalleiterbahnen geschützt, d.h. durch nebenliegende Masseleiterbahnen abgeschirmt werden.

Die Gegeninduktivität berechnet sich

$$M = \underline{\Phi}_{12} / \underline{I}_{stör} \quad \text{mit} \quad \underline{\Phi}_{12} = \int \underline{B}_1 \cdot dA \quad \text{und} \quad \underline{B}_1 = \mu \cdot \underline{I}_{stör} / (2\pi r)$$

$$\Rightarrow M = \mu \cdot b \cdot (\ln((r+a) / r)) / (2 \cdot \pi)$$

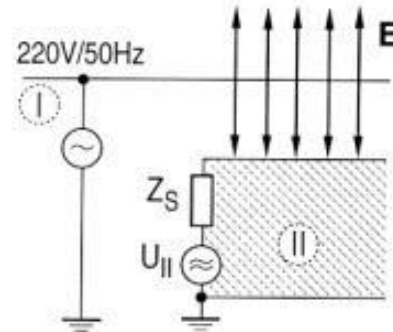
$$\Rightarrow u_L = u_{stör} \cdot R_L / (R_L + R) \quad \text{und} \quad u_L = -M \cdot di_{stör} / dt \cdot R_L / (R_L + R)$$

$$\Rightarrow \underline{U}_L = -j\omega M \underline{I}_{stör} \cdot R_L / (R_L + R)$$

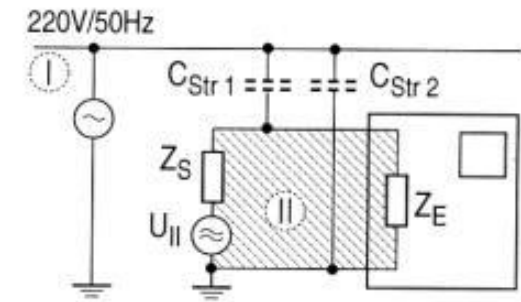
Mit $r = 1\text{cm}$, $a = 4\text{cm}$, $b = 5\text{cm}$, $\underline{I}_{stör} = 30\text{mA}$, $R_L = 50\Omega$, $R = 2\Omega$, $\omega = 100\text{MHz}$, $\mu = \mu_0$ folgt

$$\underline{\underline{|\underline{U}_L| = 292\text{mV}}}$$

EMV Gesichtspunkte Kapazitive Kopplung



a) Feldmodell

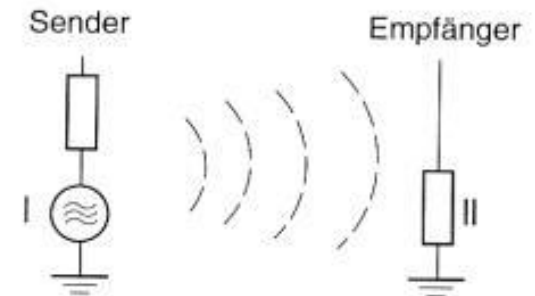
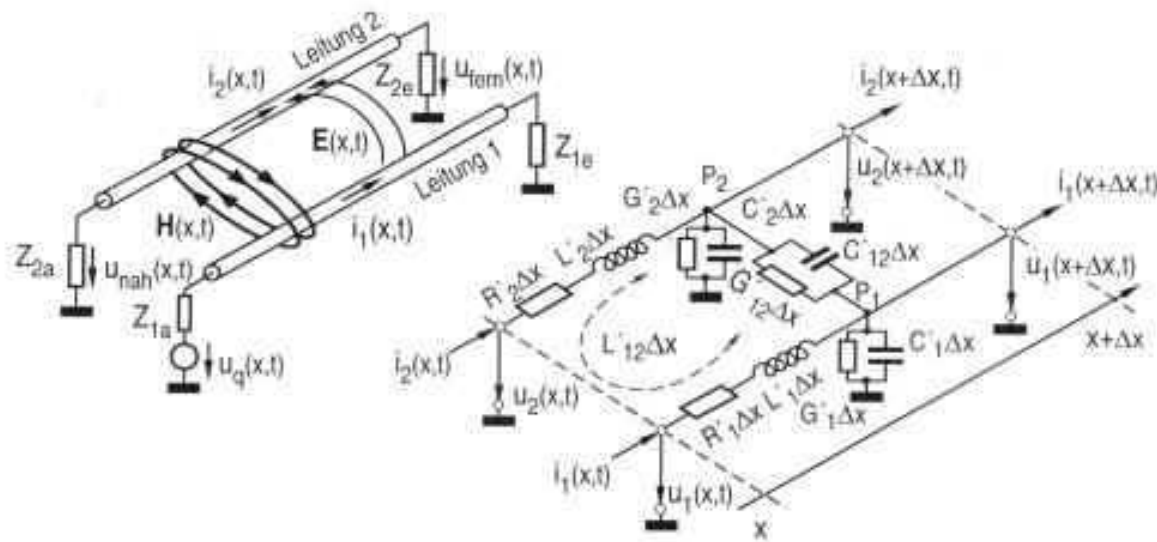


b) Netzwerkmodell

- die Leiterbahnen von Störer und Gestörten muss möglichst kurz gehalten werden,
- ihre Parallelführung möglichst kurz gehalten werden und
- die Abstände zwischen ihnen möglichst groß gehalten werden.
- Bei parallelen Signalleitungen, die in einer Ebene liegen, lässt sich die Fläche minimieren durch Verwendung von jeweils benachbarten Leiterbahnen als Signaleiterbahnen. Hier sollten die Rückleiter potentialfrei verlaufen. Ausserdem sollten die Signalleiterbahnen geschützt, d.h. durch nebenliegende Masseleiterbahnen abgeschirmt werden.

EMV Gesichtspunkte

Wellenleiter und Strahlungskopplung



EMV Gesichtspunkte

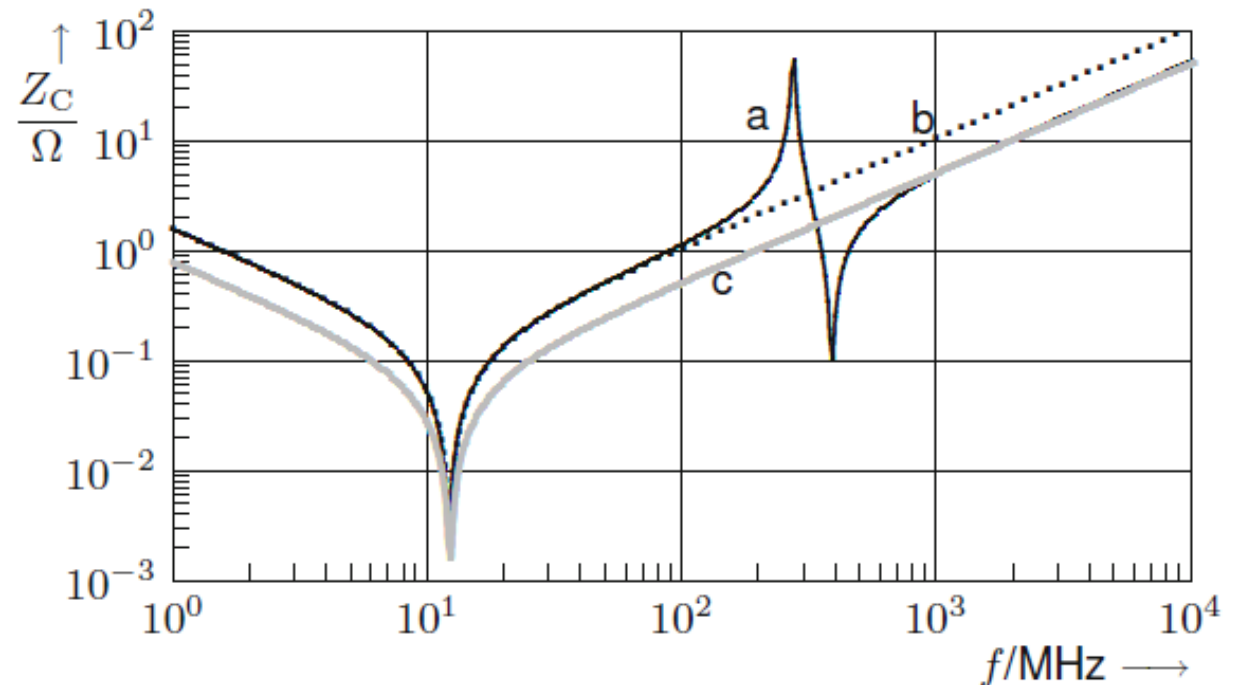
Wellenleiter und Strahlungskopplung

Maßnahmen zur Verringerung:

- Um die Strahlung eines Signals zu verringern, sollte die Schleifenfläche (Fläche zwischen Störsignal und Bezugssignal (GND) des Signals so klein wie möglich gehalten werden. Das bedeutet, dass neben der störenden Signalleitung der Rückleiter liegen sollte. Wenn die Verkleinerung der Schleifenfläche nur zum Teil realisiert werden kann, gibt es die Möglichkeit, die verursachte Strahlung durch Schirmung einzugrenzen. Störende Leiterbahnen werden durch aufgesetzte Stege, Abdeckungen oder Zwischenwände (Al oder Cu von 0,5 - 1mm) abgeschirmt.
- Bei Multilayerplatinen können ganze Bezugssignalebenen als Schirm dienen. Bei nicht ausreichend verfügbaren Leiterplattenebenen kann die Schirmung durch umlaufend verlegte Leiterbahnen (evtl. GND) bestehen. Besonders sind solche Komponenten voneinander zu schirmen, die einerseits empfindlich sind und andererseits verstärkte Störungen abgeben. Dies ist häufig zwischen analogen und digitalen Funktionsblöcken der Fall. Einzelne Bauelemente werden in der Regel mit Al- Hauben (0,5mm) geschirmt, die auf der Leiterplatte aufsitzen. Bei Transistoren wird hierzu das eigene Metallgehäuse verwendet, das entsprechend geerdet wird. Die einfachen Funktionsblöcke werden in kleine Metallgehäuse gesetzt.

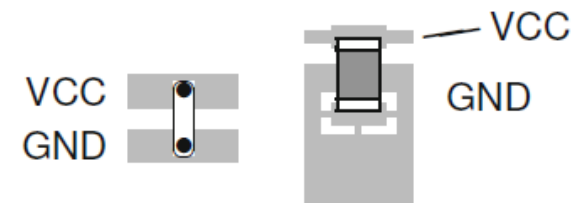
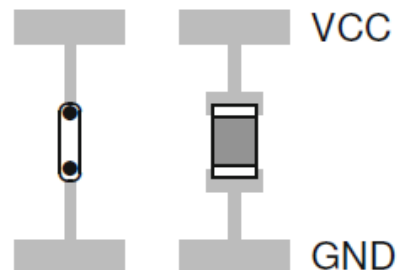
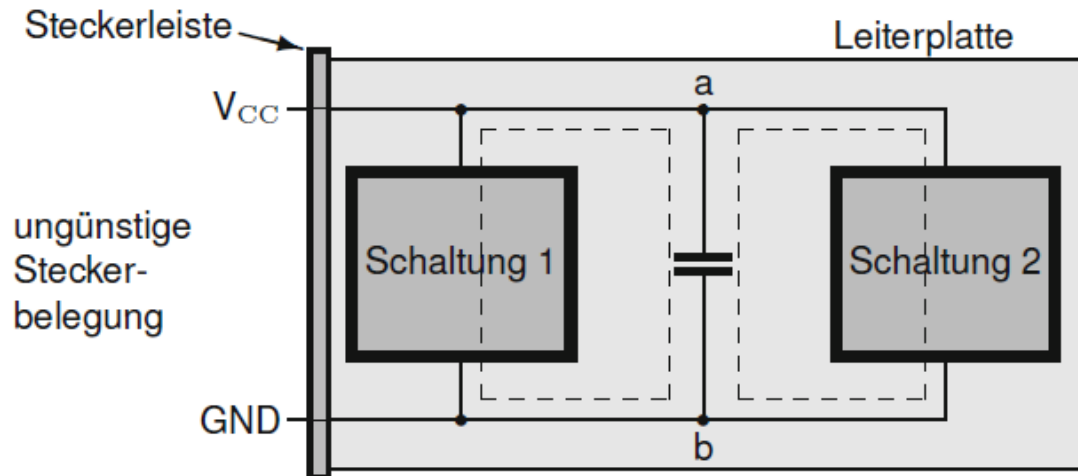
Auswahl der Abblock Kondensatoren

- Bauform, SMD oder bedrahtet?
- Parallelschaltung?



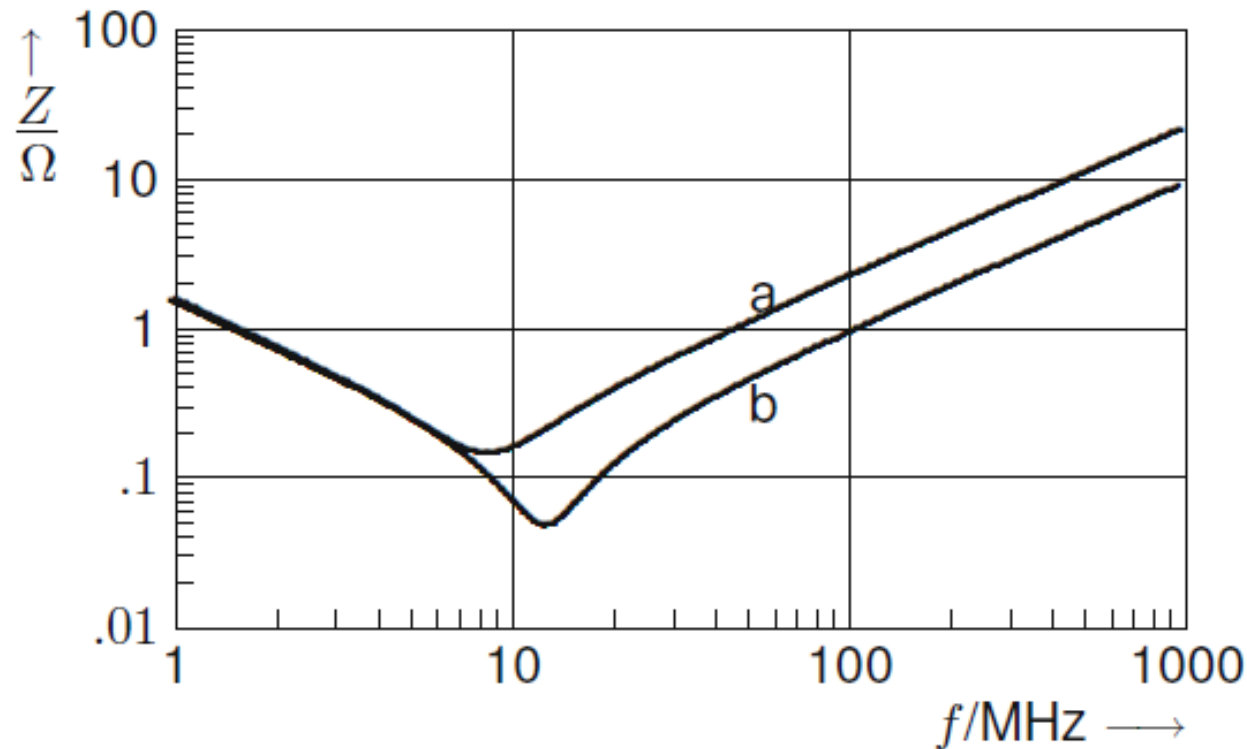
Vorlesung Embedded Systems I

Anschluss der Abblock Kondensatoren

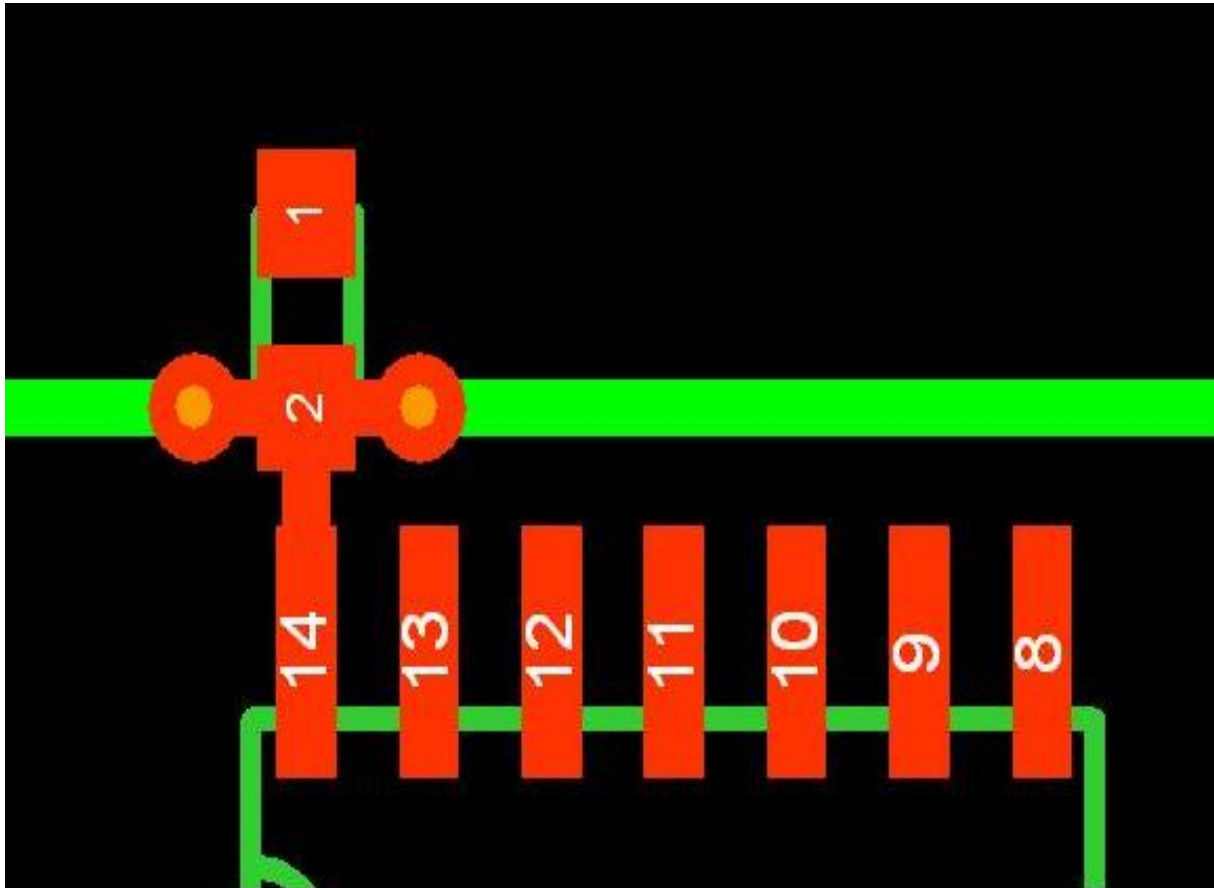


Vorlesung Embedded Systems I

Anschluss der Abblock-Kondensatoren



Impedanzverläufe der Abblockzweige für die ungünstige (a) und die günstige (b) Anslusstechnik eines SMD-Kondensators



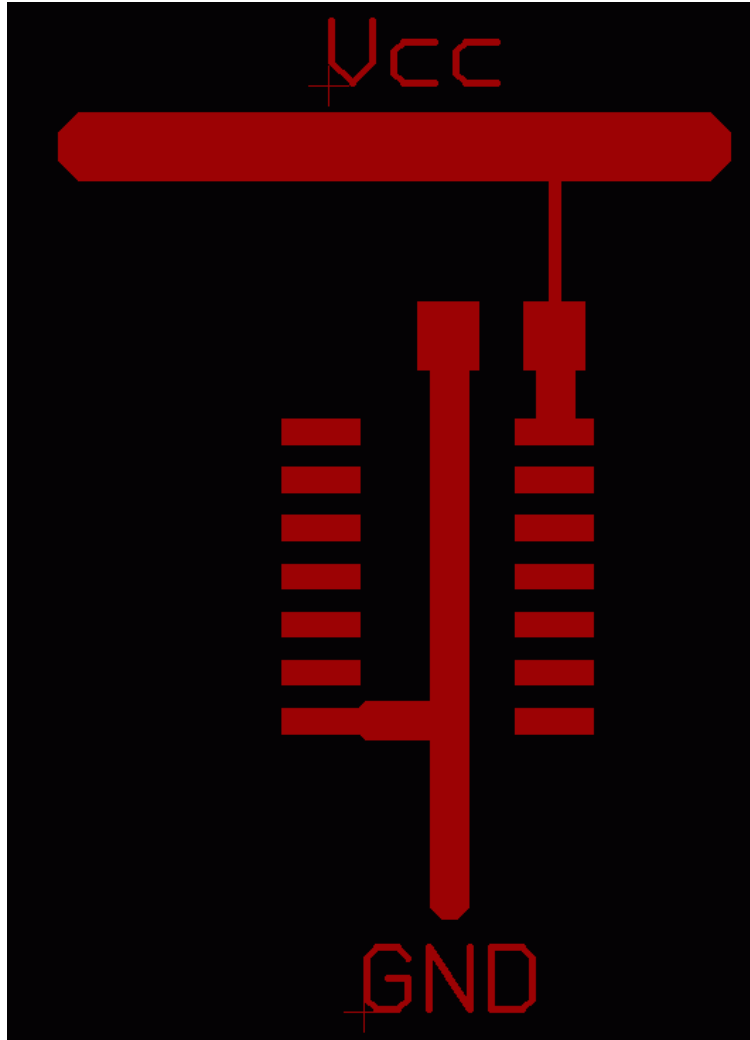
Abblockkondensator

Regel:

Reihenfolge des Stroms

Stromversorgung

Leiterbahn - Kondensator - IC



Abblockkondensator

Regel:

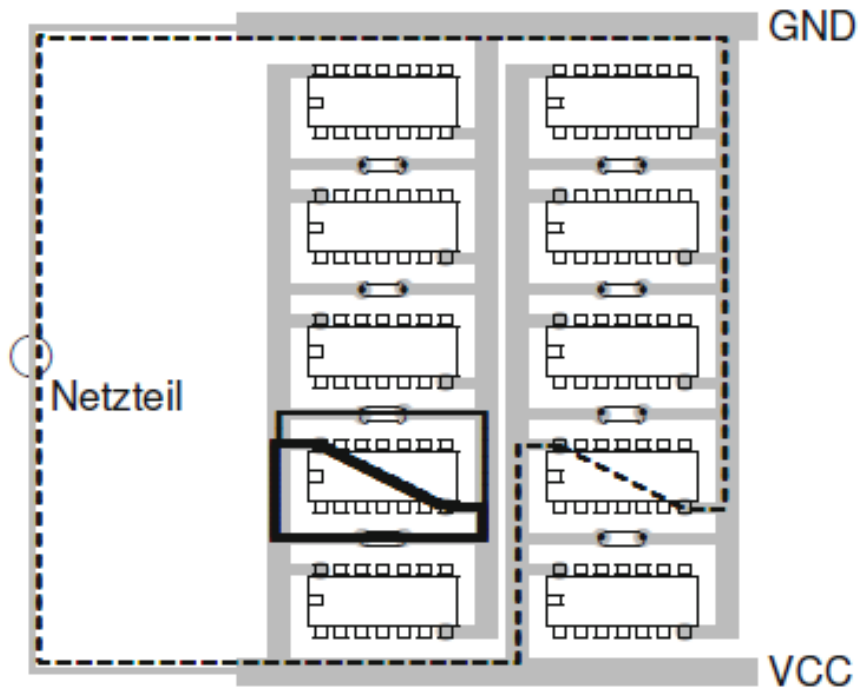
Reihenfolge des Stroms

Stromversorgung

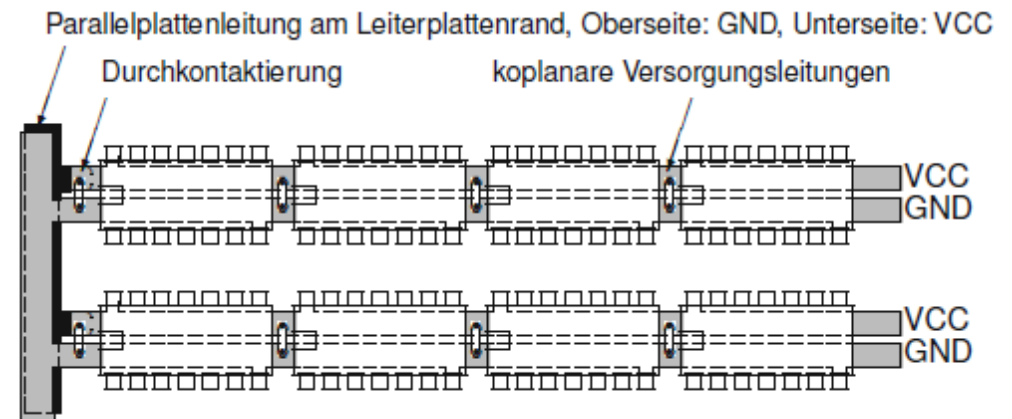
Leiterbahn - Kondensator - IC

Vorlesung Embedded Systems I

Layout des Versorgungsspannungssystems

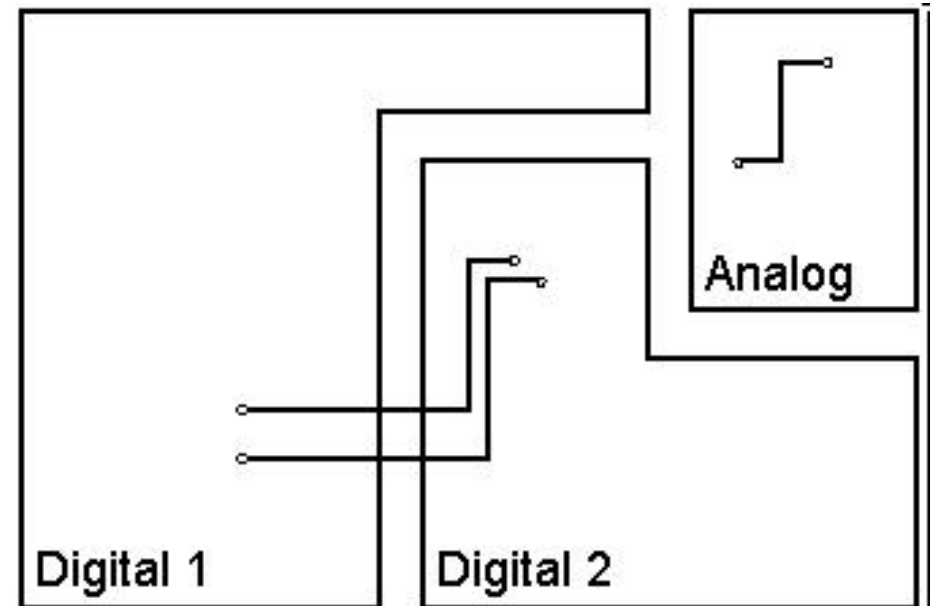
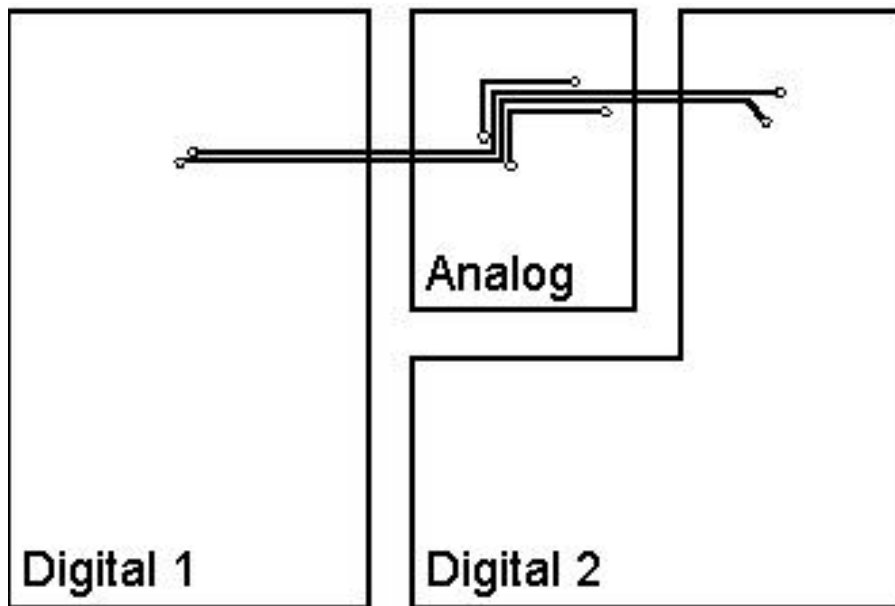


Schlecht



Gut

Analoge und digitale Signale



Strukturierung der Masse von Digitalschaltungen:

- für niedrige Impedanz von VCC + GND Leitungen sorgen
- Bauteile mit geringer Flankensteilheit auswählen
- für kurze Strecken der Signalleitungen sorgen
- bei Steckverbindungen zwischen Leiterplatten für mehrere Masseleitungen sorgen

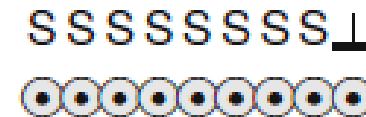


optimale



gute

Verteilung der Masseleitungen



schlechte