

EMV-gerechte Auslegung eines elektronischen Gerätes

Autor(en): **Hirschi, Werner**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens, de l'Association des Entreprises électriques suisses**

Band (Jahr): **83 (1992)**

Heft 11

PDF erstellt am: **05.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-902833>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

EMV-gerechte Auslegung eines elektronischen Gerätes

Werner Hirschi

Die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) eines Gerätes kann wirtschaftlich nur dadurch sichergestellt werden, dass bei seiner Entwicklung eine Reihe von Grundregeln berücksichtigt werden. Der vorliegende Aufsatz beinhaltet eine Zusammenfassung der wichtigsten Regeln, die bei der Entwicklung eines neuen Produkts einzuhalten sind, um es mit den Anforderungen bezüglich EMV in Übereinstimmung zu bringen.

La compatibilité électromagnétique (CEM) d'un appareil n'est atteinte, de manière économique, que par le respect d'un certain nombre de règles de base lors de la conception de l'appareil. Le présent article donne un résumé des règles essentielles à respecter lors du développement d'un nouveau produit afin de le rendre conforme aux exigences en matière de CEM.

«Die elektrischen und elektronischen Geräte müssen so hergestellt werden, dass:

- a) die Erzeugung elektromagnetischer Störungen soweit begrenzt wird, dass ein bestimmungsgemäßer Betrieb von Funk- und Telekommunikationsgeräten sowie sonstiger Geräte möglich ist;
- b) sie eine angemessene Festigkeit gegen elektromagnetische Störungen aufweisen, so dass ein bestimmungsgemäßer Betrieb möglich ist.»

So lauten die Anforderungen gemäss der Richtlinie 89/336/EWG der europäischen Gemeinschaften [1]. Die Mitgliedstaaten der EG sind beauftragt, die erforderlichen Rechts- und Verwaltungsvorschriften zu erlassen, um dieser Richtlinie nachzukommen und sie voraussichtlich ab 1. 1. 1996 anzuwenden.

Die Konsequenzen dieser neuen Gesetzgebung im Bereich der EMV (Elektromagnetische Verträglichkeit) sind für den Hersteller vielfältig. So müssen zum Beispiel an den entwickelten Produkten vor der Vermarktung die Störaussendungen gemessen und die Störfestigkeit geprüft werden. Die Erfüllung der verschiedenen Prü-

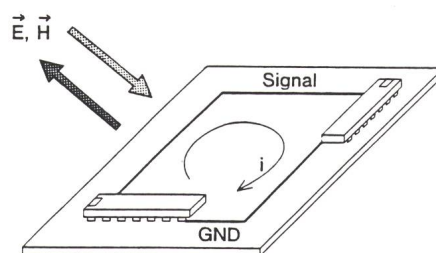


Bild 1 Gegentaktmodell für Ein- und Abstrahlung bei Leiterplatten

Gegentakt- oder symmetrische Störungen treten zwischen dem Hin- und Rückleiter eines Stromkreises auf

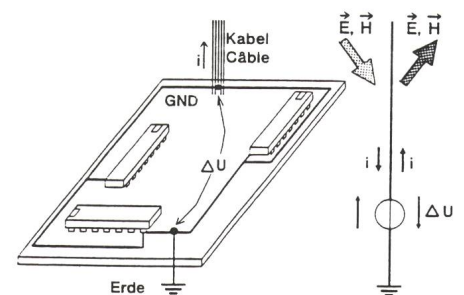


Bild 2 Gleichtaktmodell für Ein- und Abstrahlung bei Leiterplatten

Gleichtakt- oder asymmetrische Störungen treten zwischen den Leitern eines Kabels und der Erde oder Bezugsmasse auf

fungen hängt weitgehend von der Auslegung der Produkte ab.

Es ist unmöglich, die Anforderungen der Normen zu erfüllen, ohne die Grundregeln der EMV zu berücksichtigen. Aus diesem Grund muss der Hersteller über ein gewisses spezifisches Know-how und eine vielseitige Erfahrung verfügen. Ist dies nicht der Fall, so kann er die Dienstleistungen von externen Beratern beanspruchen.

Auslegung der Leiterplatten

Masse-System

Die Leiterplatte muss so ausgelegt werden, dass:

- die Auswirkungen von störenden Beeinflussungen im Gleich- und Gegentaktmodus – Störströme und Störfelder – (siehe Bilder 1 und 2) möglichst minimiert werden;
- Selbststörungen des Systems (zum Beispiel durch Spannungsabfälle beim Schalten der logischen Schaltkreise – siehe Bild 3 –, Übersprechen, Reflexionen usw.) verhindert werden;
- die Aussendung von Störungen – geleitet und gestrahlt – (siehe Bilder 1 und 2) begrenzt wird.

Adresse des Autors

Werner Hirschi, Ing. HTL, EMC Fribourg SA, 1728 Rossens.

Das Masse-System (im allgemeinen mit GND oder 0V bezeichnet) stellt den gemeinsamen Nenner zu diesen drei Anforderungen dar. Eine gute Auslegung des Masse-Systems erlaubt in der Tat, die Spannungsabfälle auf der Speisung zu begrenzen, den Kopplungsfaktor zwischen Signalleiterbahnen zu reduzieren und die Schleifenfläche zwischen einer Signalleiterbahn und ihrer Masse-Rückleitung zu minimieren. Die Art und Weise, wie das Masse-System einer Leiterplatte zu realisieren ist, hängt von der verwendeten Technik ab:

Digitaltechnik: Die Masse muss eine maximale Fläche überdecken. Zu diesem Zweck müssen alle Bereiche, wo keine Leiterbahnen vorhanden sind, als Kupferflächen ausgelegt und in das Massesystem integriert werden. Zwischen den einzelnen Flächen ist ein Maximum an Querverbindungen zu schaffen, so dass ein vermaschtes System mit einer möglichst niedrigen Induktivität entsteht.

Niederfrequente Analogtechnik mit kleinen Strömen: Die Art der Auslegung ist identisch mit derjenigen für Digitaltechnik.

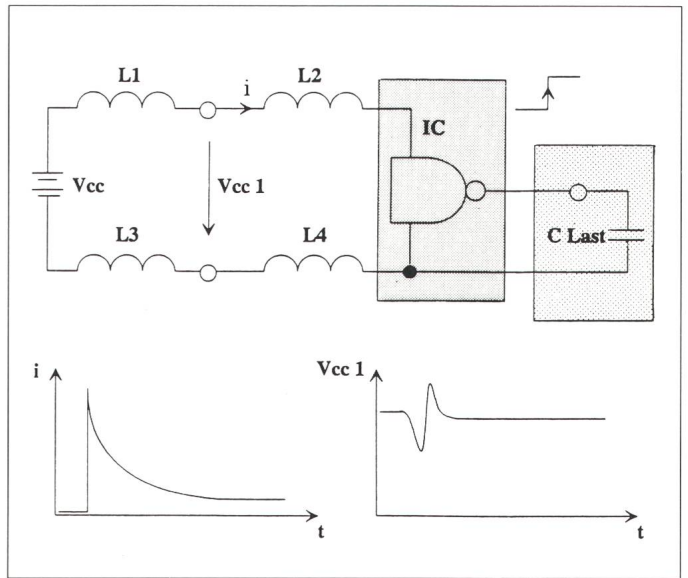
Niederfrequente Analogtechnik mit hohen Strömen: Die Masse-Verbindungen, in denen ein hoher Strom fließt, sind von der Speisung aus sternförmig zu verteilen. Der Rest ist gleich wie bei der Digitaltechnik auszuliegen.

Hochfrequente Analogtechnik: Eine Seite der Leiterplatte dient ausschliesslich als Masse, während auf der anderen Seite die Leiterbahnen so berechnet werden, dass sich definierte Impedanzen ergeben (sogenannte Strip-Line-Technik).

In Fällen, wo die Dichte der Signalleiterbahnen so gross ist (zum Beispiel

Bild 3
Selbststörung in logischen Schaltkreisen

Der Strom i beim Schalten von «0» auf «1» in einem TTL-Gatter verursacht einen Spannungsabfall V_{cc1} auf dem Stromversorgungssystem



Mikroprozessorkarten), dass keine den Anforderungen entsprechende Masse verwirklicht werden kann, muss mit Multi-Layer-Technik gearbeitet werden. Das «+» der Speisung und die Masse bilden dabei die mittleren Schichten.

Das «+» der Speisung

Das «+» der Speisung muss, wann immer möglich, nach den gleichen Gesichtspunkten (flächenartig und vermascht) ausgelegt werden wie die Masse.

Entkopplung der Speisung

Schaltkreise (vor allem digitale), die beim Schalten transiente Ströme beziehen, müssen mit einer Abblockung, die aus verschiedenen Kondensatoren besteht, versehen werden. Kapazität, Technologie und Standort dieser Kondensatoren sind so zu wählen, dass das Speisungssystem, vom

Verbraucherschaltkreis aus gesehen, im erforderlichen Frequenzbereich von 0 Hz bis f_{Grenz} eine niedrige Impedanz mit kapazitivem Charakter aufweist (siehe Bilder 4 und 5) [2]. Die Grenzfrequenz f_{Grenz} [Hz] kann anhand der Schaltzeit t_{schalt} [s] des Verbraucherschaltkreises (siehe Bild 6) [3] wie folgt berechnet werden:

$$f_{Grenz} = 1/(\pi \cdot t_{schalt})$$

Ein-/Ausgänge

Die Ein-/Ausgänge stellen die bevorzugten Kopplungspfade für Störungen dar. Die beiden folgenden Eigenschaften sind hauptsächlich für diese Tatsache verantwortlich:

a) Ein elektrischer Leiter der Länge l_{Kabel} [m] beginnt wie eine Antenne zu wirken, wenn seine Länge ungefähr ein Zwanzigstel der Wellenlänge λ [m] des darin fließenden Signals oder des Feldes, welchem er ausgesetzt wird, überschreitet:

$$l_{Kabel} > \lambda/20 \rightarrow \text{Antenne}$$

b) Die Eingangsbandbreite der integrierten digitaltechnischen Schaltkreise hängt von deren Schaltgeschwindigkeit ab. Die Grenzfrequenz f_{Grenz} des Spektrums wird auch hier aus der Beziehung $f_{Grenz} = 1/(\pi \cdot t_{schalt})$ bestimmt. Bedingt durch ihre Länge weisen Kabel meistens unterhalb der Grenzfrequenz bedeutend bessere Antenneneigenschaften auf, als die Kupferbahnen auf den Leiterplatten. Es ist deshalb notwendig, alle Ein-/Ausgangsleitungen zu filtern, um ihre Bandbreite auf die minimal erforderliche Nutzbandbreite zu begrenzen.

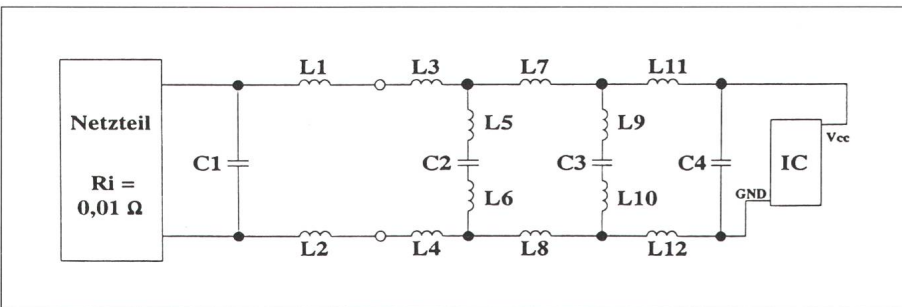


Bild 4 Abblockung in digitalen Schaltkreisen

Ersatzschema eines Stromversorgungssystems vom Netzteil bis zum IC

- C1 Elko
- C2 Kunststoff-Kondensator
- C3 Keramik-Kondensator
- C4 Kapazität des Multilayer-Prints
- L1-L12 Induktivitäten der Leiterbahnen und der Anschlussdrähte der Kondensatoren

Diese Filterung muss in unmittelbarer Nähe der Stecker vorgenommen werden.

Bus-Abschlüsse

Auf den Bussen fließen im allgemeinen sehr schnelle Signale. Liegt die Laufzeit der Bussignale im Bereich ihrer Schaltzeit, so treten Reflexionsphänomene auf. Die maximale Länge l_{max} [cm], bis zu der ein Bus ohne besondere Massnahmen ausgelegt werden darf, kann mit folgender Formel auf einfache Art ermittelt werden:

$$l_{max} = t_{schalt} \cdot c / \sqrt{\epsilon_r}$$

Dabei bedeuten c [ns] die Lichtgeschwindigkeit von $c = 30$ cm/ns und ϵ_r die Dielektrizitätskonstante von typisch $\epsilon_r = 4$.

Überschreitet die Länge des Busses den Wert von l_{max} , so muss dieser an beiden Enden mit seiner Kennimpedanz abgeschlossen werden. In be-

gekoppelt werden. Alle diese Elemente weisen in der Tat gleichtaktmässig eine mehr oder weniger hohe Streukapazität zwischen Primärkreis und Sekundärkreis auf. Aus diesem Grund muss konsequent ein Filter gegen hochfrequente Gleichtaktstörungen hinzugefügt werden.

Das Trennelement und sein Filter müssen jeweils unmittelbar beim Stecker, am Rand der Leiterplatten, platziert werden. Um zu verhindern, dass bereits im NF-Bereich Kopplungen stattfinden, muss besonders darauf geachtet werden, dass die Primär- und Sekundärleiterbahnen dieser Elemente nicht parallel verlaufen.

Auslegung der Geräte

Plazierung der Filterelemente

Die Filterelemente müssen unmittelbar beim Eintritt der Kabel in das Gerät platziert werden. Die Verdra-

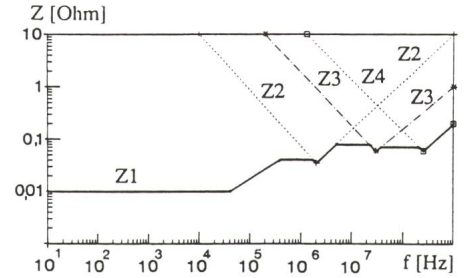


Bild 5 Vom IC aus gesehener Frequenzgang der Impedanz

- Z Impedanz
- f Frequenz
- Z1 Vom IC her gesehene gesamte Impedanz in Abhängigkeit der Frequenz
- Z2 Frequenzabhängigkeit der zur Gesamtimpedanz Z1 beitragenden Impedanz von C2 (siehe Bild 4)
- Z3 Frequenzabhängigkeit der zur Gesamtimpedanz Z1 beitragenden Impedanz von C3 (siehe Bild 4)
- Z4 Frequenzabhängigkeit der zur Gesamtimpedanz Z1 beitragenden Impedanz von C4 (siehe Bild 4)

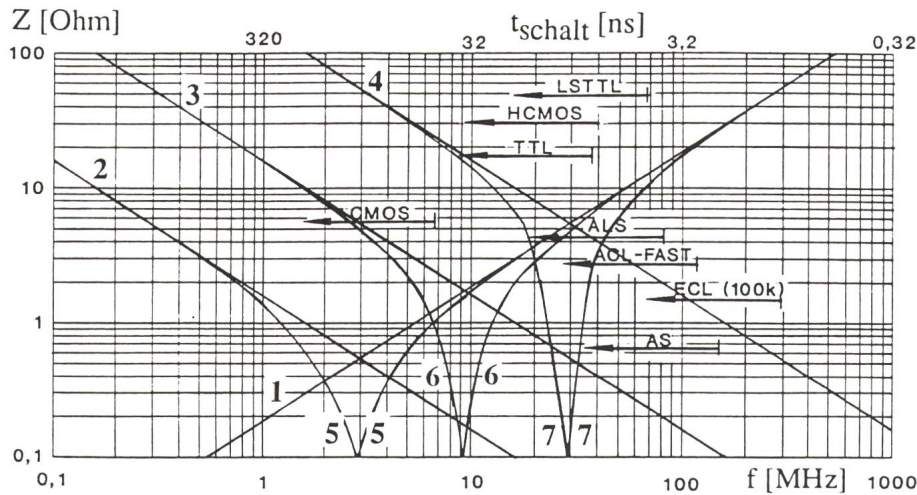


Bild 6 Schaltzeiten und Grenzfrequenzen verschiedener Logikfamilien

- Z Impedanz
- f Frequenz
- t_{schalt} Schaltzeit
- Die Fusspunkte der Pfeile geben die Schaltzeiten und die entsprechenden Grenzfrequenzen verschiedener Logikfamilien an
- 1 Impedanzverlauf einer Anschlussinduktivität von 30 nH zwischen Stützcondensator und Si-Chip im optimalen Fall
- 2 (3, 4) theoretischer Impedanzverlauf von Kondensatoren mit einer Kapazität von $C = 0,1$ (0,01, 0,001) μF
- 5 (6, 7) praktischer Impedanzverlauf entsprechend den Kurven 2, (3, 4) bei einer Anschlussinduktivität von 30 nH

stimmten Fällen kann dies auch schon bei kürzeren Strukturen erforderlich sein.

Galvanische Trennungen

Galvanische Trennelemente wie Relais, Optokoppler usw. stellen keine Barriere gegenüber HF-Störungen (Frequenz grösser als ungefähr 1 MHz) dar, die im Gleichtakt-Modus

tung muss so ausgeführt werden, dass der Eingang eines Filters nicht direkt auf den Ausgang koppeln kann (siehe Bild 7).

Beinhaltet ein Filter Kondensatoren zur Unterdrückung der Gleichtaktstörungen, so muss es über eine möglichst niedrige Impedanz mit dem Gehäuse verbunden werden. Zu diesem Zweck muss das Filter direkt auf eine

Stelle des Gerätegehäuses, wo ein elektrisch gut leitender Kontakt gewährleistet ist, verschraubt werden. Einige Zentimeter «gelb-grüner» Draht, wie oft anzutreffen ist, stellen wegen der Induktivität (rund 10 nH/cm), die bei hohen Frequenzen eine hohe Impedanz aufweist, keine genügend gute Verbindung dar.

Abgeschirmte Kabel

In der Regel, und entgegen allen vorgefassten Meinungen, müssen die Kabelschirme an beiden Enden gerdet werden. Diese Vorgehensweise bietet gegen alle Kopplungsarten (galvanisch, kapazitiv, induktiv und Strahlung) einen effizienten Schutz (siehe Bild 8). Eine einseitige Erdung des Schirms hingegen schützt nur vor der kapazitiven Kopplung (siehe Bild 9).

Es bestehen allerdings drei Ausnahmen zur Regel der beidseitigen Erdung:

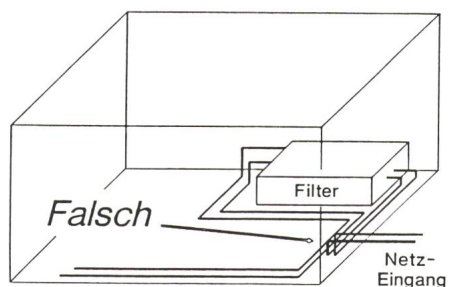


Bild 7 Falsche Verdrahtung eines Filters

Ein- und Ausgänge dürfen nicht zusammengeführt werden

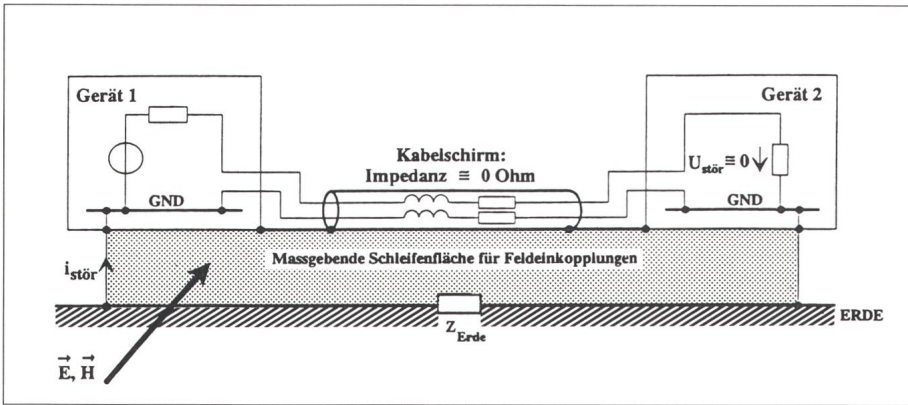


Bild 8 Beeinflussungsmechanismus bei beidseitig geerdetem Kabelschirm
 Ein Störfeld induziert auf der GND-Verbindung zwischen den beiden Geräten einen Störstrom $i_{stör}$. Dieser fließt über den Schirm und verursacht wegen der sehr niedrigen Impedanz des Schirms nur eine vernachlässigbare Störspannung $U_{stör}$.

NF-Verbindungen mit kleinen Signalpegeln: Jeder Fluss eines dauernden (zum Beispiel 50 Hz) oder transienten (zum Beispiel durch Strahlung gekoppelt) Stroms auf dem Schirm bewirkt über die Kopplungsimpedanz eine Störspannung auf den Leitern im Innern des Kabels.

Verbindungen über grosse Entfernung (zum Beispiel zwischen zwei Gebäuden): Unterschiedliche Erdpotentiale können zum Entstehen von Ausgleichsströmen (zum Beispiel 50 Hz, 16 2/3 Hz oder Blitzschlag) auf dem Kabelschirm führen und diesen eventuell erwärmen oder beschädigen.

Verbindungen in explosionsgefährdeten Umgebungen: Erdpotentialunterschiede können beim Anschliessen eines Kabels zur Entstehung eines Funkens führen. Aus diesem Grund dürfen in einer solchen Umgebung Kabelschirme nicht beidseitig geerdet werden.

Es ist jedoch in allen Fällen möglich, auf einen der folgenden «Tricks» zurückzugreifen, um die Verbindung im HF-Bereich gegen galvanische, Induktions- und Strahlungskopplungen zu schützen:

Erdung des Schirms über einen Kondensator: Ein guter Schutz gegen HF-Einkopplungen kann verwirklicht werden, wenn der Schirm auf der einen Seite direkt und auf der anderen Seite über einen Kondensator geerdet wird. Niederfrequente Ausgleichsströme fließen bei dieser Lösung nicht. Idealerweise sollte dieser Kondensator konzentrisch um den Schirm verteilt sein.

Verwendung eines doppelt geschirmten Kabels: Das Prinzip besteht darin, einen der beiden Schirme auf der einen

Seite und den zweiten Schirm auf der anderen Seite zu erden. Zwischen den beiden Schirmen ist eine gute Isolation zu gewährleisten. Auf diese Weise ist sichergestellt, dass keine niederfrequenten Ausgleichsströme fließen und dass sich das Ganze im HF-Bereich, dank der Kapazität zwischen den Schirmen, wie ein System mit beidseitig geerdetem Schirm verhält.

Elektromagnetische Schirmung

Wahl des Materials

Aluminium oder Stahl sind die Materialien, die üblicherweise verwendet werden, um ein Geräte-Gehäuse oder einen Schrank mit einer Schirmwirkung gegen elektromagnetische Felder herzustellen. Die Dämpfungseigenschaften dieser beiden Materialien sind ähnlich. Stahl, sofern er galvanisiert oder rostfrei ist, garantiert einen besseren Schutz gegen die Oxydation

und dementsprechend langfristig gesehen einen besseren elektrischen Kontakt als Aluminium.

Bei Kunststoffgehäusen sind Behandlungen wie Hochvakuum-Metallisierung, galvanische Metallisierung oder Leitlack-Lackierung anzuwenden. Diese bringen vor allem im hochfrequenten Bereich den normalen Anforderungen entsprechende Dämpfungswerte.

Ausführung

Die Verbindungen zwischen den einzelnen Elementen eines Gehäuses (Frontplatte, Rückplatte, Deckel, Winkel, Montageschienen usw.) müssen elektrisch leitend sein. Farbe oder Eloxalschicht sind Oberflächenbehandlungen, die bei den Kontaktstellen konsequent zu vermeiden sind.

Der erlaubte Abstand d_{max} [m] zwischen zwei Befestigungsschrauben hängt von der Frequenz ab, bis zu welcher die Dämpfungseigenschaft sichergestellt sein soll. Er kann wie folgt ermittelt werden:

$$d_{max} < \lambda/20$$

wobei λ [m] die Wellenlänge der maximalen Frequenz bedeutet.

Oberhalb dieser maximalen Frequenz beginnt der Schlitz, der zwischen zwei Schrauben besteht, wie eine Antenne zu wirken und einen Dämpfungsverlust zu erzeugen.

Einführung der Kabel

Die Schirmdämpfung eines Gehäuses wird durch das Bohren eines Lochs nicht total zunichte gemacht. Dies gilt insbesondere für Frequenzen, deren Wellenlänge über einem Zwanzigstel des Durchmessers des Loches liegt. Mit einem Loch von 10 cm Durchmes-

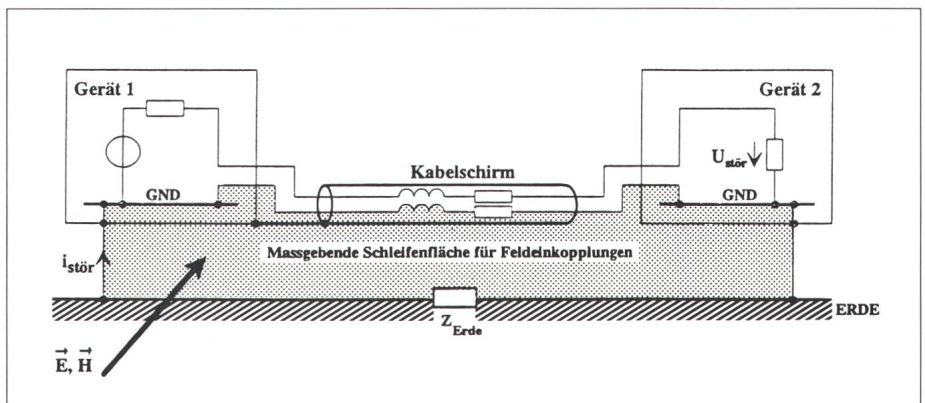


Bild 9 Funktionsweise des Schutzes bei einseitig geerdetem Kabelschirm
 Ein Störfeld induziert auf der GND-Verbindung zwischen den beiden Geräten einen Störstrom $i_{stör}$ und verursacht wegen der Impedanz des Drahtes und der Erde eine Störspannung $U_{stör}$.

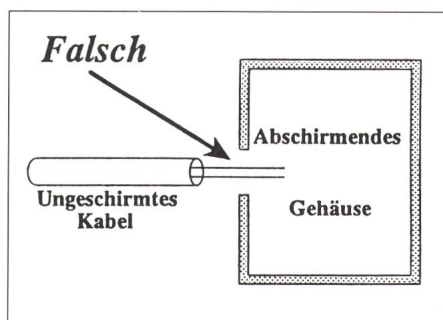


Bild 10 Unzulässige Kabeleinführung
Direkte Einführungen von Drähten in eine geschirmte Umgebung sind nicht zulässig

ser liegt somit die Frequenz, ab der sich ein Dämpfungsverlust stark bemerkbar macht, bei 150 MHz. Die isolierte Einführung eines elektrischen Leiters (Kabel, Draht oder Metallstab) durch das Loch wird beim gleichen Gehäuse bereits bei Frequenzen, die deutlich unterhalb von 150 MHz liegen, grosse Dämpfungsverluste bewirken. Man kann sagen, dass auf diese Weise die Dämpfungseigenschaften des Gehäuses «zerstört» werden.

Bei der Einführung der Kabel (Bild 10 und 11) in ein Gehäuse, das eine Dämpfung der elektromagnetischen Felder gewährleisten soll, kann zwischen zwei Methoden gewählt werden:

Filterung: Filterelemente, die zwischen jedem Leiter des Kabels und dem Gehäuse geschaltet werden, erlauben, die durch interne oder externe elektromagnetische Felder induzierten Störströme direkt zum Gehäuse abzuleiten (siehe Bild 11). Dadurch wird verhindert, dass diese Ströme im zu schützenden Bereich wiederum Störfelder abstrahlen.

Verwendung von geschirmten Kabeln: Diese Lösung eignet sich besonders gut bei Verbindungen zwischen zwei Gehäusen, die ausgelegt sind, um eine bestimmte Dämpfung der elektroma-

gnetischen Felder zu bewirken. Die Abschirmung der Verbindung muss an beiden Enden auf konzentrische Art mit den Gehäusen verbunden werden (siehe Bild 11). Das Ganze bildet demzufolge eine einzige Schirmhülle.

Kabel

Trennung zwischen verschiedenen Kabelgruppen

Es können grundsätzlich zwei Arten von Kabeln definiert werden:

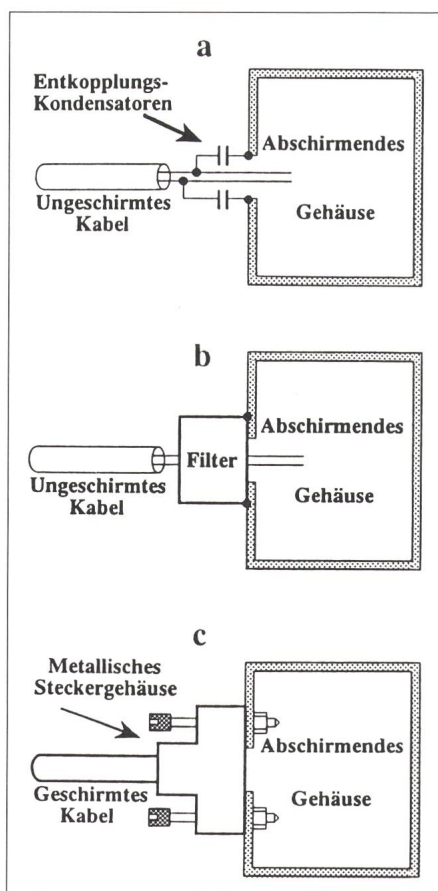


Bild 11 EMV-gerechte Kabeleinführungen

- a Entkopplung sämtlicher Leiter mit Hilfe von Kondensatoren
- b Einführung über Filter
- c geschirmtes Kabel und metallische Steckergehäuse

Die störenden Kabel: Es handelt sich dabei hauptsächlich um Leistungskabel, wie zum Beispiel die Netzspeisungskabel und die Ausgangskabel von statischen Umformern.

Die Kabel von stöempfindlichen Verbindungen: Datenleitungen (zum Beispiel RS 232, RS 485), Ein-/Ausgangsleitungen für Analogsollwerte und andere sind im allgemeinen sehr empfindlich gegenüber Störeinflüssen. Die wichtigsten Gründe dafür sind die niedrigen Betriebsspannungen und die hohen Bandbreiten der Schaltkreise. Diese Bandbreiten sind meist durch die verwendete Technologie gegeben und müssen auf das erforderliche Minimum begrenzt werden.

Bei der Verdrahtung eines Gerätes oder einer Maschine muss ein bestimmter Abstand zwischen störenden Kabeln und den Kabeln von stöempfindlichen Verbindungen gewahrt werden, um den Kopplungsfaktor zwischen diesen beiden Kategorien von Kabeln zu begrenzen. Dieser Abstand darf jedoch nicht zu gross sein, da ansonsten die Schleifenfläche zwischen beiden Kategorien von Kabeln zu einer hohen Empfindlichkeit der Anlagen gegenüber Störfeldern führt. Ein idealer Kompromiss liegt etwa bei 30 cm. Falls die Kabel in einem metallischen Kanal oder entlang einer Schrankwand verlegt werden können, ist ein geringerer Abstand möglich.

Literatur

- [1] Rat der Europäischen Gemeinschaften: Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften Nr. 139/19; Richtlinie des Rates zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über die elektromagnetische Verträglichkeit (89/336/EWG).
- [2] Franz Leitz: Störsicherheit als Spezialität. Markt & Technik 15/85.
- [3] Henry W. Ott: Digital design for electromagnetic compatibility. 7th International Zurich Symposium & Technical Exhibition on Electromagnetic Compatibility; Tutorial Lecture T3; Zürich. 1987.

**Wird Ihr Produkt
ab 1.1.1996 noch
verkauft ?**

EMC
FRIBOURG



Wenn **ja** ist es höchste Zeit sich um die Konformität mit der **EG-Richtlinie 89/336 (EMV)** zu kümmern damit Ihr Produkt rechtzeitig das CE-Zeichen bekommen kann.



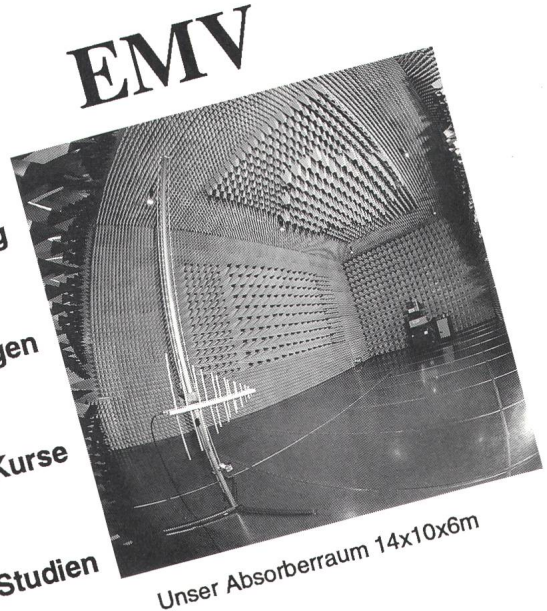
**Wir helfen
Ihnen dabei.**

Beratung

Prüfungen

Kurse

Studien



Unser Absorberraum 14x10x6m

EMC FRIBOURG SA CH-1728 ROSSENS SWITZERLAND PHONE: 037 / 31 31 51 FAX: 037 / 31 31 80

MCT-Drehstromkondensatoren

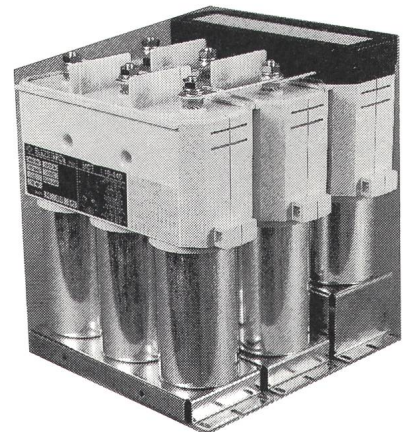
- selbstheilend
- verlustarm
- trockenisoliert
- modular im Aufbau
- IMQ-geprüft
- Verhältnis Preis/Leistung optimal



Ihr Partner für die Elektroenergie-Optimierung seit 1965

detron ag 4332 Stein

Fax 064 - 63 22 10 Tel. 064 - 63 16 73



Schweizerischer Elektrotechnischer Verein
Association Suisse des Electriciens



Die SEV-Prüfstelle Zürich



*Abteilung Eichstätte
revidiert, kalibriert und eicht*

- Messinstrumente
- Elektrizitätszähler
- Messwandler

Ein Anruf genügt!

Ihr Partner in der Elektrotechnik

Schweizerischer Elektrotechnischer Verein,
Prüfstelle Zürich
Seefeldstrasse 301, Postfach, 8034 Zürich
Telefon 01 / 384 9111 - Telex 817 431
Telefax 01 / 55 14 26

STARFIX

Aderendhülsen. Eine neue, revolutionäre Art zu verdrahten.
embouts de câblage. Un produit révolutionnaire au service des câbleurs.

1. Eine Rekord-Zeiterparnis

Die Zange in Zangengriff und die Aderendhülse sitzt. Sie gewinnen gegenüber den üblichen Methoden 50% Zeit.

In gain de temps record

En un seul coup de pince et l'embout est automatiquement sertie sur le fil. Vous gagnez jusqu'à 50% de votre temps sur une connexion classique.

2. Eine reelle Einsparnis

Da die Aderendhülsen in Bändern angeliefert werden, entstehen keine Verluste mehr. Sie sparen ca. 20% Material gegenüber der losen Verpackung.

Une économie réelle

Ces embouts de câblage sont présentés sous forme de bandes anti-gaspillage et facile à manipuler. Vous économisez près de 20% sur les présentations à l'unité.

3. Eine dauerhafte Verbindung

Die Zange ist mit einem Pressprofil aus gehärtetem Werkzeugstahl ausgerüstet, wodurch eine saubere und dauerhafte Verbindung garantiert wird.

Une connexion parfaite

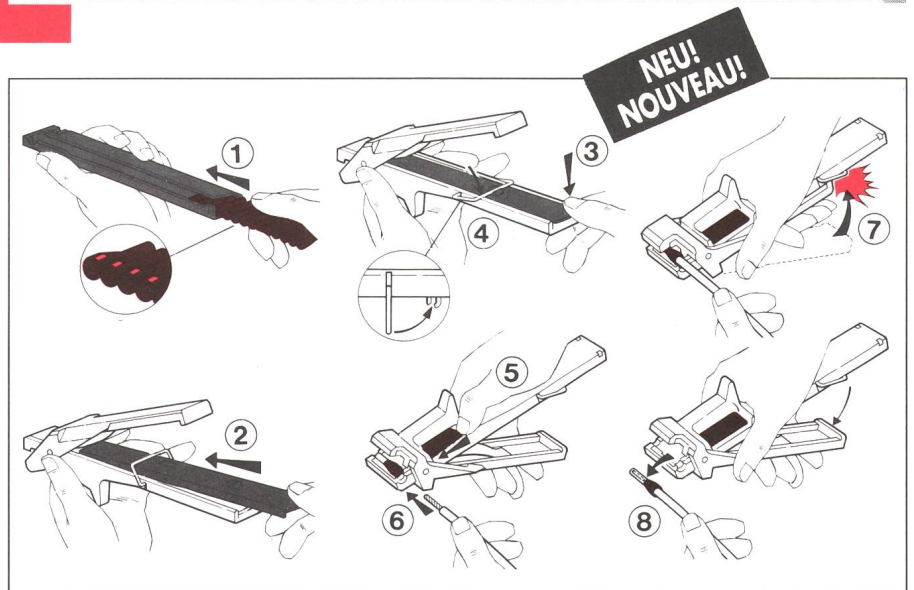
La pince est munie d'une mâchoire en acier au carbone trempé dont les trois dents assurent un sertissage parfait et définitif de l'embout sur le fil.

4. Eine praktische Verpackung

Die robusten Schachteln können, ohne Schaden zu nehmen, am Verdrahtungsort verwendet werden. Ein Sichtfenster erlaubt Ihnen die sofortige Identifikation der Aderendhülsen.

In conditionnement pratique

Ces boîtes sont rigides et conçues pour être utilisées sur le lieu même du câblage. Une fenêtre permet d'identifier la section des embouts.



legrand®

Der Name ist das Programm.

Aderendhülsen und Presszangen
Embouts de câblage et pinces
Presszange Starfix
Pinces de distribution et de sertissage

für Aderendhülsen 0,5-6 mm² geliefert mit farbigen, den Farbenquerschnitt angepassten Aderendhülsen-Magazinen.

5 Magazine (je 1 weiss, blau, rot, schwarz, grau) oder 2 Magazine (je 1 orange und grün)

Pour embouts de 0,5 à 6 mm². Livrées avec chargeurs, de couleur assortie aux embouts, pour distribution des bandes.

Assurent simultanément la séparation et le sertissage de l'embout. 5 distributions de bandes (chaque 1 blanc, bleu, rouge, noir, gris) ou 2 distributions de bandes (chaque 1 orange und vert)

Für Litzenquerschnitte 0,5, 0,75, 1, 1,5, und 2,5 mm² (geliefert mit 5 leeren Bandmagazinen Sections 0,5, 0,75, 1, 1,5, et 2,5 mm² (livrée avec 5 chargeurs vides).

Für Litzenquerschnitte 4 und 6 mm² (geliefert mit 2 leeren Bandmagazinen)

Sections 4 et 6 mm² (livrée avec 2 chargeurs vides).

1 983222129 | 37650

1 983222139 | 37651

Aderendhülsen isoliert
Embouts à collerette isolante

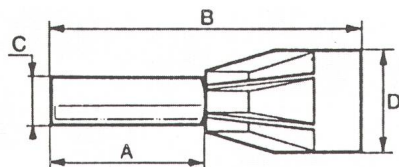
VE Emb.	E-Nr. E-No.	Bestell-Nr. Référence	Für Litzen-Querschnitt (mm ²) Pour conducteursse section (mm ²)	Farbe Couleur	Verpackung Présentation
480	156 400 001	376 61	0,5	weiss blanc	12 Bänder à 40 Aderendhülsen
480	156 400 101	376 62	0,75	blau bleu	12 bandes de 40 embouts
1000	156 400 201	376 63	1	rot rouge	25 bandes de 40 embouts
1000	156 400 301	376 64	1,5	schwarz noir	25 Bänder à 40 Aderendhülsen
1000	156 400 501	376 66	2,5	grau gris	
250	156 400 701	376 67	4	orange	10 bandes de 25 embouts
250	156 400 801	376 68	6	orange grün vert	10 Bänder à 25 Aderendhülsen
100	156 401 101	376 69	10	braun marron	unitaire
100	156 401 201	376 70	16	weiss blanc	einzel
50	156 401 301	376 71	25	schwarz noir	

Aderendhülsen isoliert

Aus Elektrolytkupfer galvanisch verzinkt
solierstoff: Polyamid 6/6

Embouts à collerette isolante

Matière partie active: cuivre électrolytique étamé. Matière collerette isolant: polyamid 6/6



Querschnitt (mm ²) Section (mm ²)	A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)
0,5	7,7	14,2	1,4	3,15
0,75	7,7	14,2	1,5	3,35
1	7,7	14,2	1,7	3,55
1,5	8	14,5	2	4,05
2,5	8	15,5	2,6	4,75
4	12	21,2	3,2	5,6
6	12	23	3,9	7,1
10	12	21,9	4,9	8,6
16	18	28,5	6,3	9,8
25	18	31,3	7,9	12,2