Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 75 (1984)

Heft: 11

Artikel: Einpresstechnik löst Hochfrequenzprobleme bei Rückplatten

Autor: Leitl, Franz / Eberbach, Rolf / Homburg, Dietrich

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-904417

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 11.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Einpresstechnik löst Hochfrequenzprobleme bei Rückplatten

Für Mikrocomputer mit Taktfrequenzen bis etwa 4 MHz war der Aufbau der Signalübertragungswege noch recht problemlos. Bei Frequenzen bis 8 MHz müssen bereits hochfrequenztechnische Gesichtspunkte berücksichtigt werden. Moderne Mikrocomputersysteme, die beispielsweise auf dem VME-Bus basieren und mit Taktfrequenzen bis 20 MHz arbeiten, erfordern jedoch eine optimale übertragungstechnische Auslegung, wenn man vermeiden will, dass die gefürchteten «Spikes» und «Hazards» das Gesamtsystem stören.

1. Hochfrequenztechnische Überlegungen für den Rückplattenentwurf

Die Problematik einer sicheren Busverdrahtung wird bei Entwicklern von Mikrocomputern häufig unterschätzt. Die Elektroniker treten die Entwicklung dieser oft ungeliebten Systemkomponente gerne an Konstrukteure ab. Kommt es dann im Betrieb zu Störungen, erkennt man zu spät, dass die Konstruktion einer gedruckten Rückwandverdrahtung nicht nur ein mechanisches Problem, sondern bei den heutigen Taktfrequenzen mit Signalflanken bis zu 5 ns auch eine anspruchsvolle Aufgabe für einen Hochfrequenz-Elektroniker ist, die viel Wissen und Erfahrung, eine ganze Reihe von Versuchen und einen erheblichen messtechnischen Aufwand erfordert [1].

Adresse der Autoren

Dipl.-Ing. *Franz Leitl* und Dipl.-Ing. (FH) *Rolf Eberbach*, System Kontakt GmbH, D-7107 Bad Friedrichshall, und Ing. grad. *Dietrich Homburg*, Körnerstrasse 1, D-7513 Stutensee-Staffort

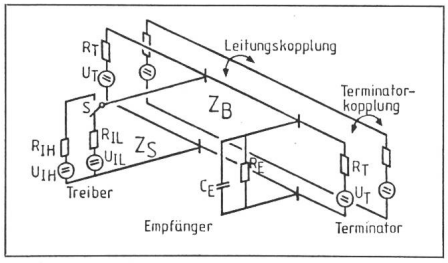

Fig. 1 Bus-Übertragungssystem
Beim idealen Bus sind Z_S, Z_B und R_T gleich gross.

Zur Übertragung der Signale werden normalerweise bipolare Treiberschaltungen eingesetzt. Solche Treiber haben im *High*-Zustand einen wesentlich grösseren Innenwiderstand als im *Low*-Zustand. Typische Werte für R_{IH} liegen bei 30 bis 100 Ω, R_{IL} bewegt sich im Bereich 5 bis 15 Ω. Die Belastung durch die Eingangsimpedanz soll im allgemeinen vernachlässigbar sein. Bei hohen Anforderungen an die Geschwindigkeit der Signalverarbeitung legt man deshalb die maximal zulässige kapazitive Belastung je Steckkarte fest.

Figur 1 zeigt die Struktur eines Bus-Übertragungssystems. In optimierten Systemen wird jede Leitung an beiden Enden mit einem Terminator-Widerstand R_T abgeschlossen, eventuell auch mit einem Spannungsteiler, um die Belastung der Leitung in beiden Schaltzuständen auszubalancieren. Es gibt aber noch viele Anwendungen, bei denen die Busleitung am Ende nicht abgeschlossen ist. Ein besonderes Augenmerk bei der Dimensionierung einer Rückplatte sollte dem Wellenwiderstand Z_B gelten. Bei ungünstigem Layout ist er oft dafür verantwortlich, dass Einschwingvorgänge nicht optimal ablaufen und so ein Gesamtsystem gestört wird. Ähnliches gilt für den Wellenwiderstand Z_S der Stichleitungen auf den Steckbaugruppen.

2. Quellen für Störungen

Von den Relationen zwischen Quellenimpedanzen R_{IL} und R_{IH} der Treiberschaltung, dem Wellenwiderstand Z_S der Stichleitung, dem Wellenwiderstand Z_B der Busleitung und dem Terminatorwiderstand R_T hängt die Anzahl und die Intensität der störenden Reflexionen ab. Bei ungünstiger

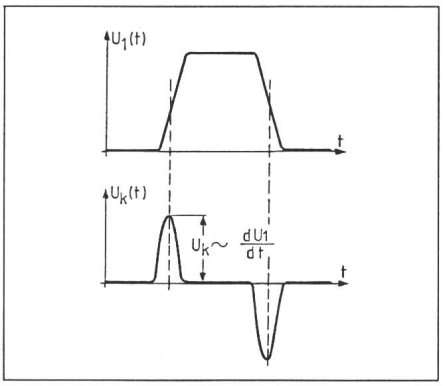

Fig. 2 Einkopplung durch steile Flanken
Die Höhe des eingekoppelten Störsignals hängt von der Flankensteilheit des störenden Signals ab.

Auslegung kann sich ein Billardeffekt ergeben, bei dem die Signale sowohl auf dem Bus als auch zwischen Treiber und Empfänger wenig gedämpft hin- und herlaufen und den Informationsaustausch beeinflussen.

Weitere Störungen entstehen durch Kopplung von benachbarten Leitungen (Fig. 2). Bei hohen Busgeschwindigkeiten bzw. steilen Signalflanken wird das Überkoppeln von benachbarten Busleitungen zu einem ernsthaften Problem. Dies ist um so kritischer, je höher die Packungsdichte ist, d.h. je kleiner die Abstände der Leitungen voneinander sind. So sind hochpolige Steckverbinder wie beispielsweise C96-Steckverbinder nach DIN 41612 nicht zu unterschätzende Gefahrenstellen.

Ein wesentlicher Teil der Störungen ist auf Ausgleichsvorgänge im Versorgungsnetz zurückzuführen. Die steilen Laststromimpulse, wie sie von schnellen Schaltkreisen hervorgerufen werden, sind mit üblichen Abblockkondensatoren nicht zu beherrschen, weil selbst hochwertige Keramik-Vielschichtkondensatoren bei Frequenzen über 30 MHz nicht mehr kapazitiv, sondern induktiv wirken. Von den nadelförmigen Einbrüchen der Versorgungsspannung ist dann nicht nur die verursachende Steckkarte betroffen, sondern es werden auch die benachbarten Baugruppen gestört. Abhilfe schaffen hier nur grossflächige, induktionsarme Kapazitäten in der unmittelbaren Umgebung des Steckplatzes

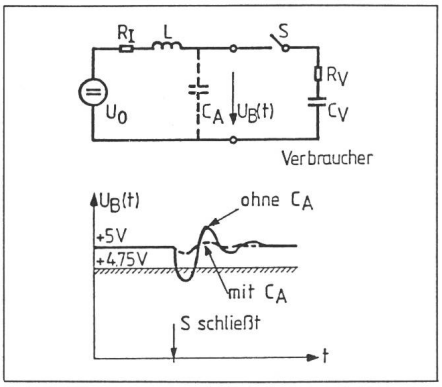

Fig. 3 Entstörung durch Flächenkapazität
Auswirkung einer stossartigen Belastung der Spannungsversorgung ohne und mit verbrauchernaher Flächenkapazität C_A.

(Fig. 3). Eine höhere Störsicherheit der Energieverteilung im Gesamtsystem erreicht man mit der C_A-Technik [2]. Die Flächenkapazitäten der Rückplatte, der Steckbaugruppe und gegebenenfalls der Adapterplatte bilden dabei zusammen mit den Induktivitäten der Steckkontakte ein Tiefpass-Kettenfilter.

3. Störsicherer Aufbau von Rückplatten

Ein störsicheres Mikrocomputersystem hat, was den Aufbau von Rückplatten anbetrifft, drei Forderungen zu erfüllen:

1. Der Reflexionsfaktor muss an allen Stossstellen kleiner als 0,5 sein. In der Praxis bedeutet dies, dass der Wellenwiderstand der Busleitungen über 70 Ω zu liegen hat.
2. Bei der Frequenz, die der Flankensteilheit entspricht (nicht bei der Taktfrequenz), muss die Kopplungsdämpfung kleiner als 20 dB sein.
3. Die Flächenkapazität der Stromzuführung muss pro Steckplatz grösser als 400 pF, bei fünf Steckplätzen also beispielsweise grösser als 2 nF, sein.

4. Die geeignete Methode für die Realisierung

Die Methode, mit der sich beim derzeitigen Entwicklungsstand diese Forderungen am besten erfüllen lassen, ist die *Einpresstechnik*. Sie ist eine lötfreie Verbindungstechnik, bei der Kontaktelemente mit speziell geformtem Schaft in durchkontaktierte Leiterplatten eingepresst werden. Bei exakter Abstimmung entsteht ohne zusätzliches Löten eine elektrisch und mechanisch dauerhafte, gasdichte Verbindung [3].

Im Markt konkurrieren die zwei Methoden Einpresstechnik mit massiven und Einpresstechnik mit flexiblen Kontakten (Fig. 4). Bei der Methode mit massiven Stiften wird beim Einpressen nicht der Stift, sondern die Umgebung des Einpresslochs verformt. Im Gegensatz zur zweiten Methode ist daher bei gleicher Einpresskraft der Druck an der Kontaktstelle viel grösser; es entsteht eine Gefügeveränderung mit Moleküldiffusion, so dass auch eine alterungsbedingte Lochausweitung diese Verbindung nicht verschlechtert. Diese Vorteile werden jedoch mit engeren Toleranzen bei der Fertigung erkauft. Der Lochdurchmesser von Durchkontaktierungen darf beispielsweise bei der Lösung von *Systemkontakt* lediglich um ± 50 µm, an der Einpresszone des Einpresskontaktes sogar nur um ± 30 µm vom Sollmass abweichen. Die Kanten der Kontakte müssen abgerundet sein, damit beim Einpressen die Kupferhülse der Durchkontaktierung nicht verletzt, sondern nur verformt wird. Dadurch gehen die vier Kontaktzonen auf der ganzen Länge des Kontaktloches eine dauerhafte intermetallische Verbindung mit dem eingepressten Stift ein [4].

Im Hinblick auf die Störsicherheit einer Busverdrahtung ist jedoch nicht nur die Kontaktsicherheit von Bedeutung – diese sollte heute eine Selbstverständlichkeit sein –, sondern vor allem das Hochfrequenzverhalten. Es wurden deshalb weiter vorne drei Forderungen bezüglich Wellenwiderstand, Kopplungsdämpfung und Flächenkapazität aufgestellt, die für ein störsicheres Bussystem erfüllt sein müssen.

Diese Forderungen sind teilweise widersprüchlich. Der Kopplungsfaktor hängt einerseits vom Abstand der sich störenden Leitungen, der aufgrund der geforderten Packungsdichte kaum zu beeinflussen ist, und anderseits vom Abstand zwischen Signalleitung (Fig. 5) und Masse bzw. Speiseleitung ab. Um einen möglichst kleinen Kopplungsfaktor zu bekommen, muss der Abstand h möglichst klein gehalten werden.

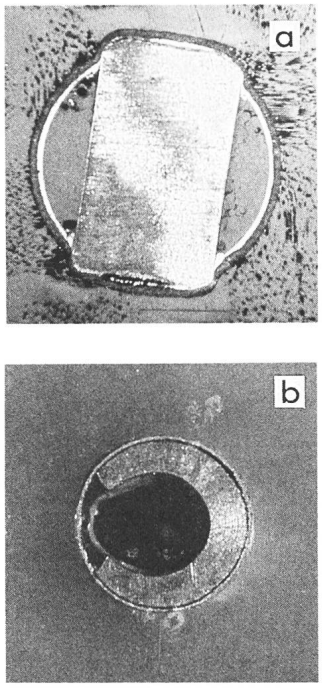

Fig. 4 Schliffbilder
a eines eingepressten festen Stiftes
b eines flexiblen Stiftes
Der feste Stift geht eine intermetallische Verbindung mit der Kupferhülse ein.

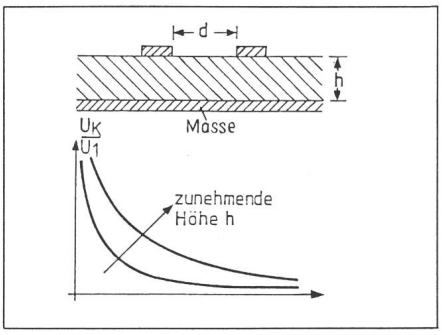

Fig. 5 Leitungskopplung
Mit zunehmendem Abstand h von der Masse bzw. Spannungsversorgung nimmt der Kopplungsfaktor zu.

Für den Wellenwiderstand gilt:

$$Z_0 = \sqrt{L'/C'_E}$$

Den geforderten, möglichst hohen Wellenwiderstand erhält man, wenn C'_E möglichst klein, d.h. der Abstand h zur Masse möglichst gross und die Dielektrizitätskonstante möglichst klein ist. Eine grosse Flächenkapazität hingegen verlangt einen kleinen Abstand zwischen der 0-V- und der 5-V-Lage sowie eine grosse Dielektrizitätskonstante und eine möglichst grosse Fläche der Spannungsversorgung.

Aus diesem Dilemma führt nahezu ohne Kompromiss die mit der Einpresstechnik realisierte C_A-Stapeltechnik. Figur 6 zeigt die bei Systemkontakt verwendete Methode. Zwei Leiterplatten tragen jeweils auf einer Seite Signalleitungen, auf der anderen Seite ganzflächig Masse- bzw. Spannungsleiter. Die Platinen werden so geschichtet, dass die Signalleitungen aussen liegen und die Flächen für die Versorgung innen nur durch eine dünne Folie getrennt sind. Für die Folie kann man ein Material mit einer möglichst grossen Dielektrizitätskonstanten wählen. Um einen möglichst grossen Wellenwiderstand für die Busleitung zu erhalten, muss die Leiterplatte möglichst dick und die Dielektrizitätskonstante möglichst klein sein. Bei einer geschickten Leitungsführung hält sich die Kopplung zwischen den Busleitungen dennoch in vertretbaren Grenzen. Wie Figur 6 weiter zeigt, müssen auch die Steckverbinder mit in die Überlegung einbezogen werden.

Die Einpresstechnik hat einige angenehme Nebeneffekte. Die Steckpfosten können für Wire-Wrap-Verbindungen, Jumper oder auch für Übergabestecker verwendet werden (Fig. 7). Da bei Steckverbindern Kontakte und Isolierkörper getrennt bestückt werden, ist es möglich, Kontakte nur dort einzusetzen, wo sie auch belegt sind. Dies spart nicht nur teures Kontaktmaterial, sondern bringt auch Vorteile bei der Auslegung von Rückplatten-Layouts. Die Störsicherheit lässt sich so erhöhen und oft

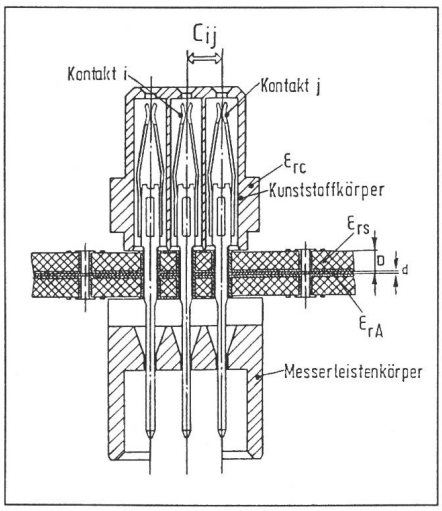

Fig. 6 Rückplattenaufbau in C_A-Technik

Die Einpresstechnik erfüllt fast vollständig die Forderungen:

- C_{ij} Kapazität zwischen zwei Kontakten so klein wie möglich
- D Substratdicke D so gross wie möglich
- d Dicke des Dielektrikums so klein wie möglich
- ε_{rs} so klein wie möglich
- ε_{rA} so gross wie möglich
- ε_{rc} möglichst klein

auch die Zahl der notwendigen Leiterplattenlagen verringern. Angenehm, besonders bei kundenspezifischen Rückplatten, ist auch, dass kein Lötbad die Grösse begrenzt

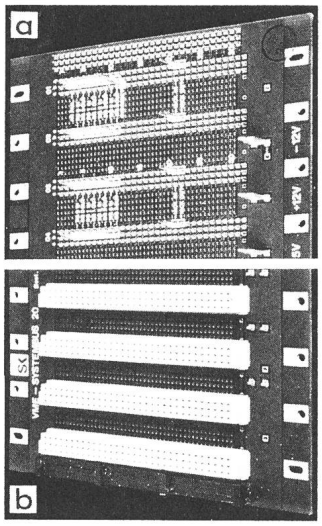

Fig. 7 VME-Bus

a Rückseite
b Vorderseite

Die durchgepressten Pfosten der Steckverbinder werden hier auf der Rückseite genutzt.

und dass Leiterplatten auch ohne weiteres beidseitig bestückt werden können.

5. Zukunft der Einpresstechnik

Heute sind alle wichtigen Kontaktelemente für die Einpresstechnik verfügbar. Der Trend geht nun dahin, auch andere Bauelemente auf Einpresstechnik umzustellen. Dabei bieten sich vor allem vielpolige Bauelemente an. Bei ihnen treten häufig Probleme beim Löten auf, die ihre Ursache in unterschiedlichen Ausdehnungskoeffizienten haben. Die Folgen sind Rissbildungen an Lötstellen und Bauelementen.

Eine Baugruppe, die sich in absehbarer Zeit mit Einpresstechnik wird realisieren lassen, ist der hochfrequenzdichte Koaxialbus. Weiter zunehmende Übertragungsgeschwindigkeiten und noch höhere Sicherheitsanforderungen, beispielsweise gegen massive Störeinstrahlung von aussen, werden die Hochfrequenzoptimierung noch über den in diesem Aufsatz beschriebenen Rahmen hinaustreiben. Das ideale Übertragungselement auf der Rückplatine wird dann voraussichtlich die gedruckte Koaxialleitung sein und die «selbstgestrickte» Rückplatine bald der Vergangenheit angehören.

Literatur

[1] *F. Leitl* und *H. Binder:* Übertragungseigenschaften von Systembau-Strukturen. Elektronik-Applikationen 15(1983)3, S. 24...27.

[2] *F. Leitl:* Störsichere Stromzuführung durch C_A-Technik. Elektronik Industrie 15(1984)2, S. 15...18.

[3] *K. Wengel:* Für zuverlässige lötfreie Einpressverbindungen. Präzise Durchkontaktierungen. Markt und Technik -(1983)33, S. 55...56.

[4] *R. Eberbach:* Verdrängt Einpresstechnik das Löten? Der Elektroniker 15(1983)11, S. 34...36.

Anwendungen der modernen Kodierungstheorie

Bericht über das 1984 International Zurich Seminar on Digital Communications: Applications of Source Coding, Channel Coding, and Secrecy Coding

Vom 6. bis 8. März fand an der ETH das bereits zur Tradition gewordene Zurich-Seminar statt. Konferenzthema aus dem Gebiet der digitalen Kommunikation war die Coding-Theorie. Da der technologische Fortschritt heute eine kostengünstige Realisierung auch komplizierterer Kodierverfahren verspricht, lag der Schwerpunkt der Tagung auf der Anwendungsseite.

Die Verfügbarkeit der Technologie, die Möglichkeiten für erweiterte Dienstleistungen sowie die potentiellen Kosteneinsparungen unterstützen den allgemeinen Trend zur *digitalen* Kommunikationstechnik. Die Zusammenfassung der erweiterten Dienstleistungen, die jedermann angeboten werden sollen, bedingt jedoch die Standardisierung und den Aufbau eines öffentlichen Informationsnetzwerkes des sogenannten Integrated Services Digital Network (ISDN).

Die Problemstellung des 84 Zurich Seminars lässt sich durch den folgenden Satz ausdrücken:

«Wie können digitale Daten so schnell, so zuverlässig, so sicher und natürlich so kostengünstig wie möglich über Kanäle mit begrenzter Kapazität übermittelt werden?»

Der erste Aspekt, die Schnelligkeit, wird beeinflusst durch die Technik der Datenkompression. Je weniger Daten für eine bestimmte Informationsmenge übertragen werden müssen, um so schneller ist die Übertragung abgeschlossen. Der zweite Aspekt, die Zuverlässigkeit, bezieht sich auf die Kanalkodierung; man fügt gezielt Redundanz in die digitalen Daten ein, die es

Adresse des Autors

Rainer Rueppel, Institut für Fernmeldetechnik, ETH-Zentrum, 8092 Zürich.

Proceedings der Tagung können bei Frau Agotai, Sekretariat Institut für Fernmeldetechnik, ETHZ, 8092 Zürich, zum Preis von sFr. 60.– bezogen werden.