ETH zürich

ETH Library

Störungen in Computerbussystemen

Doctoral Thesis

Author(s):
Morbach, Guy

Publication date:
1993

Permanent link:
https://doi.org/https://doi.org/10.3929/ethz-a-000926147

Rights / license:
In Copyright - Non-Commercial Use Permitted

This page was generated automatically upon download from the ETH Zurich Research Collection.
For more information, please consult the Terms of use.

DISS. ETH Nr. 10344

Störungen in Computerbussystemen

ABHANDLUNG
Zur Erlangung des Titels
Doktor der Technischen Wissenschaften

der
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE
ZÜRICH

vorgelegt von
GUY MORBACH
dipl. El.-Ing. ETH
geboren am 30. August 1962
von Luxemburg

Angenommen auf Antrag von:
Prof. Dr. W. Guggenbühl, Referent
Prof. Dr. W. Bächtold, Korreferent

1993

Zusammenfassung

Der Einsatz neuer, schneller Logikfamilien in Verbindung mit steigenden Taktfrequenzen führt bei modernen Computersystemen vermehrt zu ungewohnten dynamischen Störungen: die Übertragung auf den Verbindungsleitungen zwischen den einzelnen Chips oder Systemmodulen ist verschiedenen Störfaktoren wie Reflexionen, Übersprechen und Ground-Shift ausgesetzt.

Nach einer kurzen Einführung in die Begriffe der Leitungstheorie wird die Entstehung von Reflexionsvorgängen und ihre Abhängigkeit von Signalanstiegszeiten und Leitungsabschlüssen analysiert. Reale Busleitungen sind periodisch mit diskreten Kapazitäten in Form von Konnektoren und Steckmodulen belastet. Sie beeinflussen Wellenimpedanz und Ausbreitungsgeschwindigkeit und führen zu einer Bandbegrenzung der Leitung.

Übersprechen entsteht durch induktive oder kapazitive Kopplung zwischen Signalleitungen. Mit Hilfe modaler Analyse kann ein solches System gekoppelter Leitungen in ein System ungekoppelter Leitungen überführt werden. Ein hierauf basierendes Übersprechmodell erlaubt eine einfache physikalische Interpretation und eignet sich zur Simulation mit CAD-Programmen. Man unterscheidet zwischen dem sogenannten Rückwärtsübersprechen, das proportional zur Summe von induktiver und magnetischer Kopplung ist, und dem Vorwärtsübersprechen, dessen Ursache in einer unterschiedlichen Ausbreitungsgeschwindigkeit der assoziierten Moden liegt. Kapazitive Lasten beeinflussen das Übersprechverhalten und können zur Elimination des Vorwärtsübersprechens ausgenutzt werden. Die hergeleiteten Formeln werden messtechnisch

überprüft und Hinweise zur Leitungsauslegung im Hinblick auf minimales Übersprechen gegeben.

Delta-I-Störungen können auftreten, wenn mehrere Leitungen gleichzeitig umschalten: an den Zuleitungsinduktivitäten der Versorgungsspannungen entstehen beim schnellen Umschalten von Strömen Störspannungen, die eine Verschiebung von Referenzpotentialen sowohl auf Chip- als auch auf Board-Ebene hervorrufen. Hierdurch können nachfolgende Logikbausteine auf passiven Leitungen aufgrund falscher Pegel schalten und somit eine Fehlfunktion des Systems auslösen. Die Abhängigkeit dieses sogenannten Ground-Shifts von der Anzahl Schaltleitungen, der Gehäuseform, dem Platinenlayout und dem Schaltverhalten der Treiberbausteine wird untersucht.

Die Steckverbinder, welche die Systemmodule an die Backplane anschliessen, stellen wegen ihres induktiven Verhaltens eine Störung der Wellenimpedanz dar. Zusätzlich erzeugen sie Übersprechstörungen und Ground-Shift-Effekte auf Board-Ebene. Es folgen Hinweise zur Auswahl und Pinbelegung der Stecker sowie eine Besprechung neuer, verbesserter Steckertypen.

Messungen an zwei verschiedenartigen Buskonzepten (VME-Bus und Futurebus) illustrieren die gewonnenen Erkenntnisse und Verbesserungsmöglichkeiten. Abschliessend werden die einzelnen Effekte nach ihrer Wichtigkeit bewertet und Hinweise für zukünftige Entwicklungen gegeben.

Abstract

With the advent of faster logic devices and increasing clock frequencies, today's computer circuits face unfamiliar dynamic problems: the interconnections between chips as well as printed circuit boards are susceptible to various noise phenomena such as reflections, crosstalk and ground bounce.

A brief introduction to the terms used in transmission-line theory is followed by an analysis of reflections and their dependence on signal rise time and line terminations. Real bus lines are loaded periodically with discrete capacitances in the form of connectors and printed circuit boards. Their impact on line impedance and propagation velocity is considered and the resulting low pass filter characteristic of the bus lines is explained.

Crosstalk originates from an inductive or magnetic coupling between signal lines. Using modal analysis to transform a system of coupled lines into a system of uncoupled lines, a crosstalk model, allowing easy physical interpretation and being suitable for simulation with circuit analysis programs, is derived. One distinguishes between backward crosstalk, which is proportional to both the inductive and magnetic coupling, and forward crosstalk, the roots of which lie in the different propagation velocities of the decoupled modes. The influence of additional capacitive loads is considered and a possibility to compensate forward crosstalk thereby introduced. The obtained formulae are verified experimentally and hints for optimum line layout are derived.

"Delta-I" noise effects occur when multiple lines change level simultaneously: the currents involved are large enough to induce a shift in

the power-supply voltage levels on-chip or locally on the printed circuit board. This local shift in ground reference voltage is mirrored on passive signal lines and may erroneously trigger connected logic gates. The dependence of this so-called ground bounce on the number of switched lines, chip packaging, PCB layout and switching times of the driver circuits is studied.

Forming the link between the system modules and the backplane, connectors play an important role in signal transmission: due to their inductive behaviour, they represent not only a disturbance in line impedance but they are also a source for crosstalk and ground-shift effects. Suggestions for connector selection and pin layout are derived and new and improved varieties of connectors are discussed.

Measurements on two different buses (VME-bus and Futurebus) illustrate real-world conditions where the various noise phenomena occur simultaneously. A concluding chapter evaluates the importance of the individual noise phenomena and gives suggestions for future developments.

Résumé

L'introduction de nouvelles familles de circuits intégrés digitaux ainsi que l'augmentation de la cadence des processeurs modernes donne naissance à des perturbations dynamiques jusqu'ici inconnues ou négligées: la transmission sur les lignes de communication, tant entre les circuits intégrés qu'entre les modules du système, est sujette à des perturbations telles que les réflexions, la diaphonie et le "ground-shift".

Une courte introduction aux termes utilisés dans la théorie des lignes de transmission est suivie d'une analyse de l'origine des réflexions ainsi que de leur dépendance des terminaisons et des temps de commutation des signaux. Les lignes de bus présentent des charges capacitives discrètes et périodiques en forme de connecteurs ou modules. Elles influencent l'impédance et la vitesse de propagation et limitent la fréquence maximale transmissible.

La diaphonie résulte d'une liaison inductive ou capacitive entre les lignes. L'analyse modale permet la transformation d'un système de lignes couplées en un système découplé qui se prête aisément à une interprétation physique ainsi qu'à la simulation à l'aide de programmes CAO. On distingue deux types de diaphonie: un premier, observable à l'entrée de la ligne, est proportionnel à la somme des couplages inductifs et capacitifs et un second, se développant le long de la ligne, résulte d'une différence des vitesses de propagation entre les modes associés. Les charges capacitives influencent la diaphonie et peuvent être utilisées pour éliminer le second type de diaphonie. Les expériences ont permis de vérifier les formules obtenues. Des suggestions permettant la minimisation de la diaphonie sont données.

Des perturbations "delta-I" peuvent surgir lorsque plusieurs lignes sont commutées en même temps: l'inductivité des lignes d'alimentation provoque des tensions parasites qui mènent à une déviation des potentiels de référence tant au niveau du circuit intégré qu'au niveau du module. Ces déviations peuvent perturber les circuits raccordés et, par conséquent, entraîner un mauvais fonctionnement du système. L'ampleur de ce phénomène, appelé "ground-shift", dépend du nombre de lignes commutées, du layout et des caractéristiques des circuits utilisés.

Les connecteurs, reliant les modules au bus système, présentent une discontinuité d'impédance provenant de leur caractère inductif. De plus, ils engendrent de la diaphonie et des effets "ground-shift" au niveau des modules. Des conseils concernant la répartition des signaux sur le connecteur ainsi que le choix de connecteurs de type classique ou amélioré sont présentés.

Les connaissances acquises et les possibilités d'amélioration résultantes sont étudiées à l'aide de mesures expérimentales sur deux bus de concept différent (VME et Futurebus). Finalement, les conclusions découlant de la classification des effets parasitaires sont complétées par des propositions d'amélioration pour le développement de systèmes nouveaux.