

DESIGN & ELEKTRONIK

KNOW-HOW FÜR ENTWICKLER

08

2016

Sept.

€ 7,50

www.elektroniknet.de



Cool Operation



 **LINEAR**
TECHNOLOGY

Safety & Security

Industrie 4.0 konkret:
Exklusiv-Interview mit Prof. Jürgen Jasperneite

Elektromechanik

Kabelmäntel aus Polyvinylchlorid (PVC):
Wie steht es um Weichmacher und Recycling?

Stromversorgung

Mit Oszilloskop und Stromzange herausfinden,
ob ein Netzteil zuverlässig ist

Exklusiver Praxistest

Die Wahrheit über Low-Power-MCUs:
ULPBench entzaubert, Teil 1



NEU! Erweitertes

EDA-Tool-Angebot

zur Beschleunigung

Ihres Designprozesses

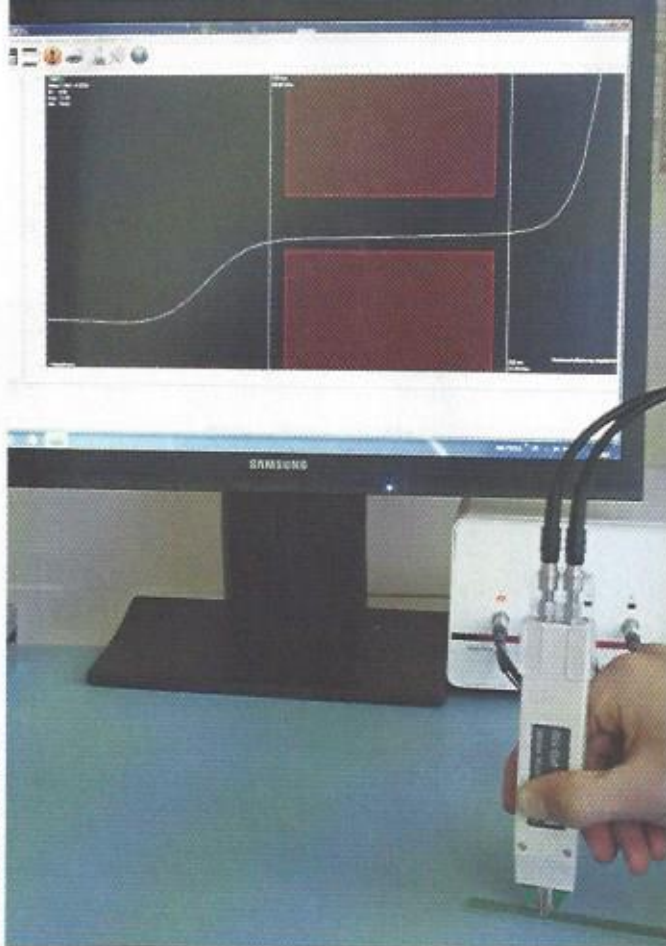
DIGIKEY.DE/DESIGNTOOLS

Bei HF genau hinschauen

Zulieferer müssen sich den kurzen Entwicklungszyklen bei OEMs von Elektronikprodukten stellen. Dies verlangt nicht nur neue Techniken bei den Bauteilen, sondern auch bei den Leiterplatten. Denn nur eine impedanzkontrollierte Platine gewährleistet saubere Signale zwischen den Bauteilen.

VOLKER FEYERABEND

Bilder (alle): Becker & Müller



Bauteile und Leiterplatten unterliegen Fertigungstoleranzen, und diese beeinflussen die Funktionsweise und Haltbarkeit des fertigen Produkts ganz wesentlich. So muss eine Leiterplatte neben mechanischen Qualitätskriterien und Funktionseigenschaften auch bestimmte elektrische aufweisen. Nur so lassen sich solide und sichere Geräte bauen.

Applikationsingenieure und Elektronikentwickler der Bauteilhersteller arbeiten Hand in Hand, um den neuen Herausforderungen bezüglich Miniaturisierung und Steigerung der Arbeitsfrequenzen Herr zu werden. Steigende Frequenzen und kleinere Abstände zwischen den Leiterbahnen führen unweigerlich dazu, dass diese sich stärker gegenseitig beeinflussen. Parallel verlaufende

Leiterbahnen wirken wie Kapazitäten, deren Blindwiderstände umgekehrt mit der Signalfrequenz abnehmen. Außerdem gilt: Je länger die Leitungen parallel verlaufen, desto größer wird die Kapazität. Auf der anderen Seite steigt bei immer schmäleren Leiterbahnen deren Induktivität. Doch je größer Kapazität und Impedanz werden, desto niedriger wird die Grenzfrequenz.

Damit werden gerade hohe Frequenzen immer stärker gedämpft. Aus einem sauberen Rechtecksignal macht ein solcher Tiefpassfilter ein mehr oder weniger verschliffenes Signal. Im Extremfall bleibt die Sinusgrundwelle übrig. Gemäß Fourieranalyse lässt sich jedes beliebige Signal in einzelne Sinusschwingungen zerlegen. Dabei variieren die Amplituden und Phasenverschiebungen je nach Signal.

Fügt man am Ende der Übertragungsstrecke diese einzelnen Schwingungen wieder zusammen, sollte daraus normalerweise das Originalsignal entstehen. Fehlt jedoch aufgrund des Tiefpassverhaltens der Übertragungsstrecke die eine oder andere Oberwelle oder sind deren Amplituden bzw. Phasenlagen verändert, folgen daraus zwingend Abweichungen vom Originalsignal.

Aufgabe von Layouter und Entwickler

Wie groß diese Abweichungen sein dürfen, hängt von vielen Faktoren ab. Zum einen muss der Signaleingang der integrierten Schaltung das empfangene Signal so weiterverarbeiten,

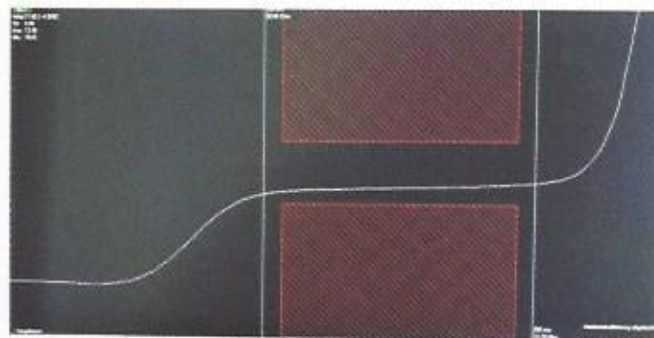
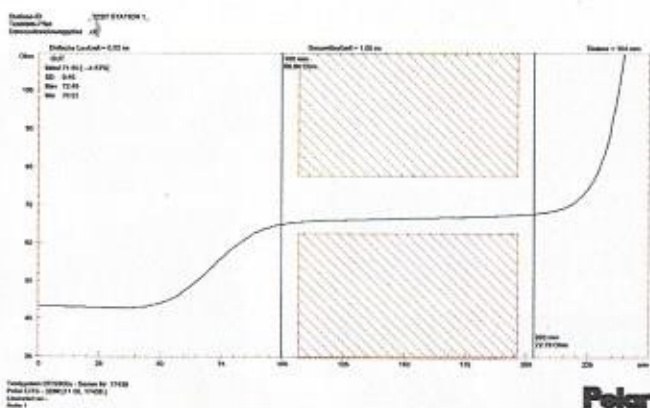


Bild 1: Simulation (links) und Messung (rechts) einer impedanzkontrollierten Leiterplatte.

als sei es das Originalsignal, zum anderen müssen zwei gleichzeitig generierte Signale an unterschiedlichen Eingängen auch wieder gleichzeitig ankommen (Laufzeit). In der Signalform und der zeitlichen Abfolge der Signale steckt letztendlich die Information, die das System verarbeiten soll.

Ein IC-Hersteller ist für die korrekte Signalweiterleitung innerhalb seines ICs verantwortlich. Er definiert in seinem Datenblatt die Spezifikationen, mit denen jedes Bauteil betrieben werden muss, damit keine Fehlfunktionen auftreten. Layouter und der Elektronikentwickler, die viele dieser Bauteile miteinander verschalten, müssen dafür sorgen, dass auch der Signalweg – was also mit dem Signal zwischen den Bauteilen passiert – in der geforderten Spezifikation liegt. Damit beispielsweise ein Schaltkreis die Dauer eines Eingangsimpulses auch richtig an seinem Ausgang ausgeben kann, sind entsprechend steile Flanken am Eingang notwendig. Angenommen, die vorherige Funktionsstufe liefert einen absolut sauberen Rechteckimpuls, aber die Übertragungsstrecke dämpft die hohen Signalanteile zu stark, dann ist die Anstiegsflanke des Signals dadurch deutlich flacher, was ein verspätetes Durchschalten der Eingangsstufe zur Folge hat. Damit ergibt sich ein zeitlicher Versatz zwischen den Signalen.

Dämpfungen und Reflexionen verhindern

Neben der Dämpfung und damit Verformung von Signalen gibt es ein weiteres Phänomen, das bei hohen Signalfrequenzen auftritt: Reflexion. Sie kommt immer dann vor, wenn die Signallaufzeit auf einer Leiterbahn länger als die Impulsdauer ist. Bei Reflexionen kann das Signal ebenfalls verfälscht werden. Man betrachtet eine Signalleitung, die Leiterbahn, als eine Parallelschaltung vieler kleinster Kondensatoren und einer Reihenschaltung vieler kleinster Induktivitäten und Widerstände. Der Einfachheit halber betrachten wir hier nur die Kapazitäten; in Wirklichkeit ist es etwas komplizierter.

Der Impuls wandert von Kondensator zu Kondensator – der nächste Kondensator wird geladen, während der vorherige entladen wird. Kommt dieser Impuls am Ende der Leitung an, will sich der letzte Kondensator entladen und dabei seine Ladungen dem nächsten Kondensator übergeben. Entscheidend ist nun, was sich am Ende der Leitung befindet – im Extremfall nichts; die Leitung ist offen. Damit gibt es aber auch keinen nächsten Kondensator. Der letzte Kondensator ist geladen, der vorherige aber entladen. Damit kehrt sich das Ganze um und der letzte Kondensator gibt seine Ladungen an seinen Vorgänger ab. Und so wandert der Impuls zurück, er wird also reflektiert.

Dämpfungen und Reflexionen lassen sich in der Praxis nur mit einer sogenannten impedanzkontrollierten Leiterbahn verhindern. Dabei handelt es sich

um eine Leistungsanpassung. Hierfür muss folgende Bedingung erfüllt sein: Die Ausgangsimpedanz der Vorstufe muss gleich der Eingangsimpedanz der nachfolgenden Stufe sein. Außerdem muss auch der Signalweg die gleiche Impedanz (Wellenwiderstand) haben. Als Formel geschrieben:

$$Z_A = Z_L = Z_E$$

Ist diese Voraussetzung erfüllt, sind die frequenzabhängigen Dämpfungen und Reflexionen stark reduziert oder im Idealfall gar eliminiert.

Um dieser Formel gerecht zu werden, verwendet man meist die 50-Ω-Technik. Dabei sorgt der Bauteilhersteller dafür, dass die Ein- und Ausgangswiderstände (eigentlich: Ein- und Ausgangsimpedanzen) jeweils 50 Ω aufweisen. Um die oben beschriebene Bedingung einer Anpassung zu erfüllen, muss auch die Leiterbahn diesen Wellenwiderstand von 50 Ω haben. Der Wellenwiderstand einer Leiterbahn ist in der Regel jedoch nicht bekannt – er hängt von der Geometrie (Leiterbahnbreite, -dicke, Abstand zur Massefläche) und den elektrischen Kenngrößen des Basismaterials der Leiterplatte (Dielektrizitätszahl) ab. Um einer Leiterbahn einen ganz bestimmten Wellenwiderstand zu geben, sind alle diese Parameter entsprechend zu kombinieren.

Welches Basismaterial verwendet werden kann bzw. muss, hängt unter anderem vom Frequenzbereich ab, in dem die Schaltung arbeitet. Reicht einfaches FR4 oder sind spezielle HF-Materialien notwendig? Da die HF-Eigenschaften von der Frequenz abhängen, sind die Zusammenhänge in relativ komplizierten Formeln beschrieben. Rechenprogramme helfen dabei, bei einigen vorgegebenen Werten (beispielsweise Materialkonstante, Plattendicke, Leiterdicke etc.) die restlichen Werte, etwa für die Leiterbahnweite, zu ermitteln. Diese Größen sind möglichst genau beim Layouten von Leiterplatten zu übernehmen.

Ob der Wellenwiderstand auch bei der fertigen Platine stimmt, liegt in der Verantwortung des Leiterplattenherstellers. Es gehört viel Erfahrung und Know-how dazu, um die Fertigungstoleranzen so klein wie möglich zu halten – ein entscheidender Faktor dafür, ob die notwendigen Werte erreicht werden, bzw. in der Toleranz liegen. Die Firma Becker & Müller beispielsweise hat eigens für impedanzkontrollierte Leiterplatten einen speziellen Messplatz (siehe Anfangsbild) und kann die geforderten Eigenschaften damit protokollieren. Dafür ist ein sehr breites und tiefgreifendes Wissen aus den Bereichen Digital- und Analogtechnik, HF- und NF-Technik, Signal- und Leistungselektronik, mechanische und physikalische Materialeigenschaften sowie Wärmemanagement notwendig. (rh)

VOLKER FEYERABEND

Geschäftsführer von APROS
Int. Consulting + Firmenservices

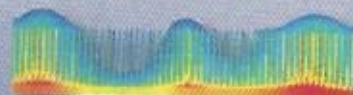
dau

A Miba Group Company

www.dau-at.com

CENTER OF COMPETENCE

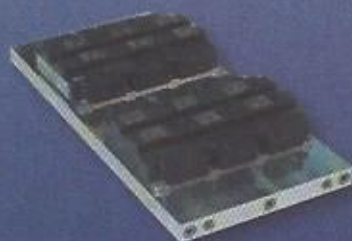
Mittels CFD Wärmesimulation bieten wir bestmögliche Unterstützung bei der Produktentwicklung



Luftkühler



Flüssigkeitskühler



Simulation mit Komponenten

Thermal Modeling,
Prototypenbau,
Prototypentest,
Serienfertigung –
alles aus einer Hand
DAU - Thermal Solution

dau - AUSTRIA
DAU GmbH & Co KG
Tel: +43 (0) 31 43 / 23 51 - 0
office@dau-at.com
www.dau-at.com

dau - SÜD
+4915158798140
herbert.reisser@dau-at.com

dau - NORD
Tel +49 (0) 60 83 / 94 11 10
frank.ott@dau-at.com