

productronic

Das Fertigungs-Magazin von all-electronics

Rework & Repair

Investitionen in hochwertige Ausrüstung lohnen sich in der manuellen Bearbeitung Seite 30

HDI-Technik

Hardware entwickeln, die schon heute die Anforderungen von morgen erfüllt Seite 34

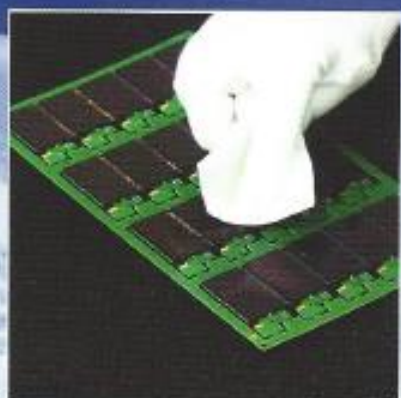
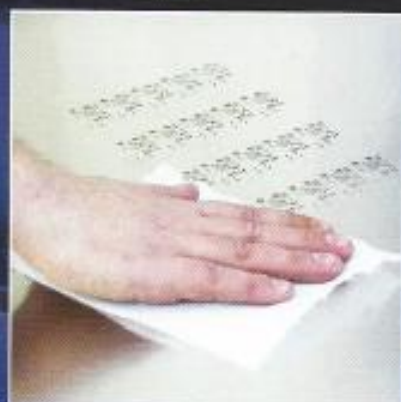
Marktübersicht AXI-Systeme

Auswahlkriterien zur passenden vollautomatischen Röntgeninspektionssystemlösung Seite 56

Ohne geht's nicht!

Wie und womit gereinigt wird ist entscheidend für den Druckprozess

Seite 12



Saubere Signale

Hochfrequenz in der Entwicklung und Herstellung von Leiterplatten

Die immer kleiner, schneller und leistungsfähiger werdenden Geräte verlangen neue Technologien nicht nur bei Bauteilen, sondern vor allem bei Leiterplatten. Deshalb ist die Leiterplatte heute nicht mehr nur eine einfache Verbindungsstruktur, sondern ein entscheidender Teil der gesamten Schaltungsumgebung. Für saubere Signale zwischen den Bauteilen sorgen impedanzkontrollierte Leiterplatten.

Autor: Volker Feyerabend

Heute sind Leiterplatten nicht nur Bauteilträger. Fachleute bezeichnen Leiterplatten sogar schon als Bauteile in modernen Geräten. Jedes Bauteil unterliegt engen Fertigungstoleranzen, und die haben wesentlichen Einfluss auf Funktionsweise und Haltbarkeit des fertigen Produkts. So muss heute die Leiterplatte neben mechanischen auch bestimmte elektrische Qualitätskriterien und Funktionseigenschaften aufweisen. Kommen diese in Hochfrequenz-Anwendungen zum Einsatz, sorgt Becker & Müller Schaltungsdruck mit seinen impedanzkontrollierten Leiterplatten für hohe Signalintegrität zwischen den Bauteilen.

Kontrollierte Impedanz

Steigende Frequenzen und kleinere Abstände zwischen den Leiterbahnen führen unweigerlich zu einer größeren gegenseitigen Beeinflussung. 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 gilt für immer schmalere Leiterbahnen eine Zunahme der Induktivität. Je größer Kapazität und Impedanz werden, desto niedriger wird die Grenzfrequenz. Damit nimmt die Dämpfung hoher Frequenzen immer stärker zu.

Der Tiefpassfilter, der dabei entsteht, macht aus einem sauberen Rechtecksignal ein mehr oder weniger verschliffenes Signal. Im Extremfall bleibt eine Sinusgrundwelle übrig. Mit der Fourieranalyse lässt sich jedes beliebige Signal in einzelne Sinus- und Cosinusschwingungen zerlegen. Dabei variieren die Amplituden und Phasenverschiebungen je nach Signal. Fügt man am Ende der Übertragungsstrecke diese Schwingungen wieder zusammen, sollte normalerweise wieder das Originalsignal entstehen. Fehlt jedoch aufgrund des Tiefpassverhaltens der Übertragungsstrecke die eine oder andere Schwingung oder sind deren Amplituden respektive Phasenlagen verändert, sind Abweichungen vom Originalsignal die zwingende Folge. Wie groß diese Abweichung sein darf, hängt von vielen Faktoren ab. Zum einen muss der Signaleingang der integrierten Schaltung das empfangene Signal natürlich so weiterverarbeiten 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 durch das System verarbeitet werden soll.

Für die korrekte Signalweiterleitung innerhalb der integrierten Schaltung ist der Hersteller verantwortlich. Er definiert in seinem Datenblatt die Spezifikationen, mit denen jedes Bauteil betrieben werden muss, damit keine Fehlfunktionen auftreten. Der Elektro-

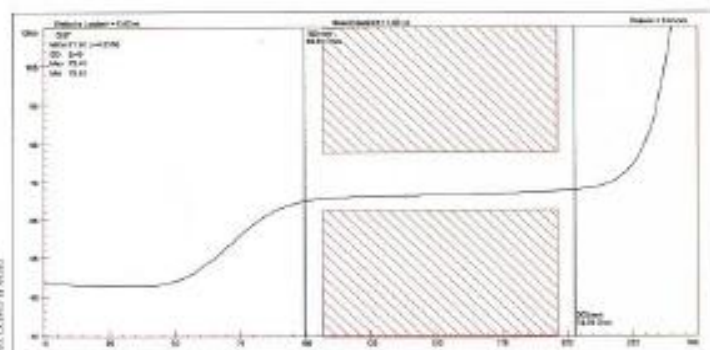
nikentwickler, der viele dieser Bauteile miteinander verschaltet, muss jetzt dafür Sorge tragen, dass auch der Signalweg – das, was mit dem Signal zwischen den Bauteilen passiert – in der geforderten Spezifikation liegt. Damit etwa ein Schaltkreis die Dauer eines Eingangsimpulses auch richtig an seinem Ausgang ausgeben kann, sind entsprechend steile Flanken an seinem Eingang nötig. 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.

Gezielte Impedanzanpassung

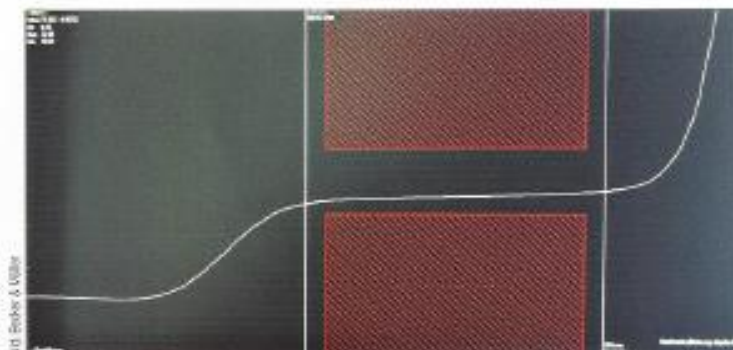
Neben der Dämpfung und damit Verformung von Signalen gibt es ein weiteres Phänomen, das bei hohen Signalfrequenzen auftritt: die Reflexion. Sie kommt immer dann vor, wenn die Signallaufzeit auf der Leiterbahn länger als die Impulsdauer ist. Bei Re-

Da sich Impedanzen auf einer bestückten Baugruppe nicht mehr ermitteln lassen, ist es erforderlich, die Werte vorher anhand von Testcoupons zu messen und zu bestätigen.





Softwareunterstützung bei Impedanzkontrolle: Grafische Darstellung der Systemreports im Fertigungsprozess.



Screenshot-Testreport der Software für impedanzkontrollierte Leiterplattenfertigung.

flexionen kann es ebenfalls zu Signalverfälschungen kommen. 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 reflektiert.

Starke Dämpfung und Reflexion lassen sich in der Praxis nur mit einer 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. Ist diese Voraussetzung erfüllt, sind die frequenzabhängigen Dämpfungen und Reflexionen stark reduziert oder gar eliminiert. Zum Einsatz kommt meist die 50-Ohm-Technik. Dabei sorgt der Bauteilhersteller dafür, dass die Ein- und Ausgangswiderstände (eigentlich: Ein- und Ausgangsimpedanzen) jeweils 50 Ohm aufweisen. Um die oben beschriebene Bedingung einer Anpassung zu erfüllen, muss auch die Leiterbahn diesen Wellenwiderstand von 50 Ohm besitzen. Jede Leiterbahn hat einen in der Regel nicht bekannten Wellenwiderstand. Dieser Wellenwiderstand hängt von der Geometrie (Leiterbahnbreite, -dicke und Abstand zur Massefläche) und den elektrischen Kenngrößen des Basismaterials der Leiterplatte (Dielektrizitätszahl) ab. Um einer Leiterbahn einen ganz bestimmten Wellenwiderstand zu geben, müssen all diese Parameter entsprechend kombiniert werden.

Platinen für hohe Frequenzen

Welches Basismaterial verwendet werden muss, hängt unter anderem vom Frequenzbereich ab, in dem die Schaltung betrieben wird. Reicht einfaches FR4 oder sind spezielle Hochfrequenzmaterialien notwendig? Da die HF-Eigenschaften von der Frequenz abhängen, sind die Zusammenhänge in relativ komplizierten Formeln beschrieben. Rechenprogramme helfen dabei, bei einigen vorgegebenen Werten wie etwa Materialkonstante, Plattendicke

oder Leiterdicke die restlichen Werte, zum Beispiel für die Leiterbreite, zu ermitteln. Diese Größen sind möglichst genau beim Layouten der Leiterplatten zu übernehmen. Ob der Wellenwiderstand auch bei der fertigen Leiterplatte stimmt, liegt in der Verantwortung des Leiterplattenherstellers. Es gehört demnach viel Erfahrung und Know-how dazu, um die Fertigungstoleranzen so klein wie möglich zu halten. Der Leiterplattenhersteller Becker & Müller Schaltungsdruck aus Steinach hat eigens für impedanzkontrollierte Leiterplatten einen speziellen Messplatz von Polar Instruments und kann die geforderten Eigenschaften exakt protokollieren.

Ralf Mayr, Managing Director von RF-Design aus Lorsch, entwickelt Geräte für die HF-Technik. Es sind meist Speziallösungen für nationale und internationale Kunden wie das ZDF oder SES-Astra. Für seine Geräte benötigt das Unternehmen hochwertige, impedanzkontrollierte Leiterplatten. Deshalb nutzt Ralf Mayr seit langem das Fachwissen von Becker & Müller. Auf diese Weise hat sich in den letzten zehn Jahren eine vertrauensvolle und konstruktive Zusammenarbeit entwickelt. Für Mayr zählt vor allem, dass „das Board nicht einfach nur produziert wird, sondern die Daten vor der Produktion kritisch begutachtet werden“. Die Entwicklung von komplexen High-Tech-Geräten ist heute von einzelnen Bearbeitern im Prozess kaum überschaubar beziehungsweise beherrschbar. Deshalb ist eine vertrauensvolle Zusammenarbeit nötig, sind doch die Digital- und Analogtechnik, HF- und NF-Technik, Signal- und Leistungselektronik, mechanische und physikalische Materialeigenschaften sowie Wärmemanagement eng miteinander verzahnt. (mrc)



Der Autor: Volker Feyerabend ist Geschäftsführer von Apros-Consulting.

Auf einen Blick

Sichere Signalintegrität

Durch die rasante Technologieentwicklung werden die Taktfrequenzen immer höher, weshalb impedanzkontrollierte Leiterplatten mittlerweile in vielen Bereichen zum Einsatz kommen: Sie sollen die Signalintegrität bei der Übertragung hoher Frequenzen sicherstellen. Eine enge Zusammenarbeit mit dem Leiterplattenhersteller ist daher erforderlich.

infoDIREKT www.all-electronics.de

310pr0315

