



Arnold Wiemers

Seminar und Tutorial

Leiterplatten 11

...Konstruktion von Multilayern

Allgemeine und spezielle Regeln für die Berechnung und die Konstruktion von starren und starrflexiblen Multilayern.

Tutorial zur Kalkulation von Impedanzen und zur Dokumentation von Multilayern für die Produktion von Leiterplatten und Baugruppen.

300µm
Pad
70µm 100µm
Leiterbahn

BGA mit 500µm Pitch

ungebohrt

Die Geometrie des BGAs bestimmt den Lagenaufbau. Das Routing der Signale erfolgt hier auf den ML-Lagen LY-Top, LY-4, LY-5, LY-Bot.

Regel (Vias in benachbarten Laminaten)
Gegenüberliegende Layer benachbarter Laminaten (~ Kerne) können nicht gebohrt werden.

1. Laminat Kern_(LY-2, LY-3)
2. Laminat Kern_(LY-4, LY-5)

1. Verpressung
2. Verpressung
4-Lagen-Multilayer

Hinweis
Temporär außenliegende Kupferschichten sollen gleich dick sein.

Wer wird mit dem Seminar/Tutorial "Leiterplatten 11 ...*Konstruktion von Multilayern*" angesprochen ?

Die Berechnung und die Dokumentation der Eigenschaften eines Multilayers legen die Zuverlässigkeit der physikalischen Funktion und die Produktkosten in einer sehr frühen Phase der Produktentwicklung fest. Die heutige Komplexität elektronischer Baugruppen schließt eine iterative Annäherung an die funktionale Qualität von Geräten aus.

Das Seminar/Tutorial vermittelt in Theorie und Praxis die Berechnung und die Dokumentation von Multilayern.

Die **Konstrukteure** elektronischer Schaltungen und die **CAD-Designer und CAD-Designerinnen** erfahren, wie vor dem Hintergrund verfügbarer Basismaterialien und aktueller Technologien für die Fertigung von Leiterplatten der Aufbau von Multilayern fachgerecht konstruiert wird.

"**Leiterplatten 11 ...*Konstruktion von Multilayern***" erläutert den Aufbau eines Multilayers, für den heute ein breites Spektrum an Basismaterialien zur Verfügung steht. Erklärt werden die konstruktiven Optionen für den Aufbau eines Multilayers, mit denen eine definierte physikalische Funktion verwirklicht werden kann.

Kenntnisse über Kontaktierungsstrategien für starre und starrflexible Multilayer sind die Voraussetzung für die Beschreibung von StackUps innerhalb der Logistik des CAD-Systems.

Den Teilnehmern steht im Tutorial für die Berechnung definierter Impedanzen eine temporäre Lizenz der Fa. POLAR zur Verfügung. Für die Dokumentation eines Lagenaufbaus können die Teilnehmer Lagenaufbauten auf der Basis der PPT-Datenbank der LeiterplattenAkademie manuell selbst anlegen.

Das Seminar ist auch für **CAM-Bearbeiter/innen** der LP-Hersteller von Bedeutung, weil es die Zusammenhänge zwischen CAD und Leiterplatte erläutert. Es fördert damit auch das partnerschaftliche Miteinander auf der Linie "CAD - CAM - Leiterplatte - Baugruppe".

Die übersichtliche Darstellung der Themen ist ebenso interessant für alle **Entscheidungsträger im Bereich Design und Leiterplatte**, deren Aufgabe es ist, das Produkt "Baugruppe" führend und beratend zu begleiten.

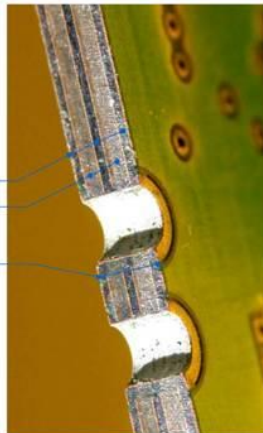
Basismaterial : Grundbegriffe

Für die Fertigung von mehrlagigen Leiterplatten (~ Multilayern) werden Basismaterialien und Kupferfolien mit Prepregs zu einem Verbund verpresst. Dabei übernehmen die Prepregs die Funktion eines Klebers.

Prepregs
FR4-Kerne
(doppelseitig mit
Kupfer kaschiert)
Kupferfolien aussen

Begriffe (Innenlage)

Innenlage
~ Innenlagenlaminat
~ Core (= Kern)
~ Multilayer-Innenlage
~ inner layer



Leiterplatten 11 ... Konstruktion von Multilayern

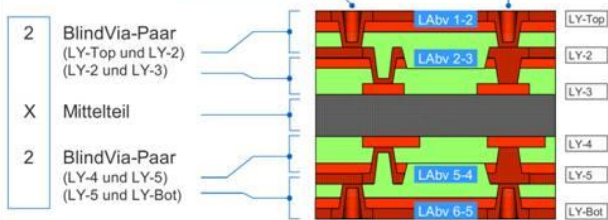
Basismaterial

Grundregeln für den Aufbau von Multilayern. Verteilung von Kernen (~ Cores), Prepregs und Kupferfolien.

Verfügbare Materialien und Materialdicken für die Planung und Konstruktion von Multilayern.

Kontaktierungsstrategie : Typ 2 X 2

Multilayeraufbau vom Typ "2X2". Die BlindVias sind gelasert. Die Vialöcher sind metallisiert. Das Routing kann gestapelt (~ stacked) oder gestuft (~ staggered) durchgeführt werden.



Im Zuge der Leiterplattenproduktion müssen zwei Preßzyklen durchgeführt werden, zuerst [LY-2 ... LY-5] und dann [LY-Top ... LY-Bot]. Bei der gestapelten Variante müssen die inneren BlindVias mit einem leitenden Substrat verfüllt werden, damit ein leitender Übergang zu dem aufgesetzten BlindVia gegeben ist.

Leiterplatten 11 ... Konstruktion von Multilayern

Aufbaustrategien

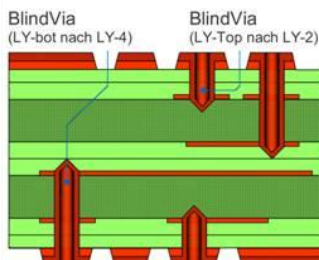
Konstruktive Vorgaben an den Aufbau von Multilayern in Abhängigkeit von der Kontaktierung.

Vor- und Nachteile von BlindVias, BuriedVias und DkVias für die technischen Eigenschaften eines Multilayers.

Bohrungen : BlindVia

Definition (BlindVia)

BlindVias verbinden immer eine (...auch temporäre...) Außenlage mit einer oder mehreren Innenlagen.



Tabelle

Maximal kontaktierbare Bohrtiefen für BlindVias bei einem AspectRatio von 1 : 1.

Beispiel
 $0.30 \cdot 1 = 0.30 \text{ [mm]}$

CAD-Bohrung (mm)	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30
Bohrwerkzeug (mm)	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40
Bohrtiefe (mm)	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40

Leiterplatten 11 ... Konstruktion von Multilayern

Kontaktierungsstrategie

Der Einfluß der partiellen Kontaktierung auf die Berechnung impedanzdefinierter Funktionsmoduln.

Wechselwirkungen zwischen Materialdicken, Bohrdurchmessern, Impedanzen und Powerplanes für den Rückstrom.

Impedanz : Typische Impedanzwerte

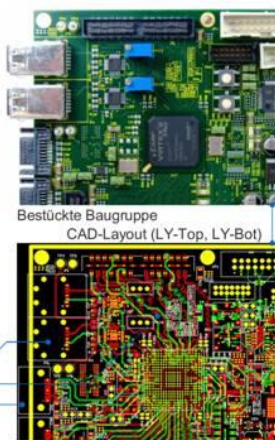
Die typischen Werte für Impedanzen auf digitalen Baugruppen orientieren sich an der Art der Signalübertragung. Übliche Signale werden auf einer einzelnen Leiterbahn übertragen. Für eine schnelle und störssichere Übertragung werden Leitungspaare eingesetzt.

Single Ended (~ Einzelleitung)

50 Ω , 65 Ω Digitale Signale
75 Ω Videosignale

Differentiell (~ Leitungspaar)

90 Ω USB
100 Ω Infiniband
Bussysteme
SATA
120 Ω CAN-Bus



Bestückte Baugruppe
CAD-Layout (LY-Top, LY-Bot)

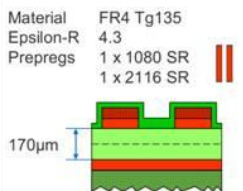
Leiterplatten 11 ...Konstruktion von Multilayern
108

Impedanzen

Anforderungen aus der Praxis für die Umsetzung von Impedanzen. Anwendungsbereiche für Single Ended und Differentielle Impedanzen.

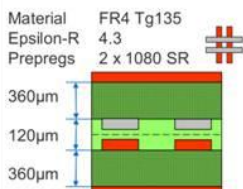
Impedanzwerte für USB- und Sata-Schnittstellen.

Impedanzmodul : Moduln für den CAN-Bus (~ 120 Ω)



Differential Surface Coated Microstrip

Leiterbreite	Leiterabstand	Kupferdicke (incl. DK)		
		30µm	42µm	60µm
300µm	450µm	92.8 Ω	91.2 Ω	89.2 Ω
200µm	450µm	112.7 Ω	110.3 Ω	107.3 Ω
175µm	450µm	119.3 Ω	116.6 Ω	113.2 Ω
175µm	375µm	117.0 Ω	114.3 Ω	110.1 Ω
150µm	375µm	124.4 Ω	121.2 Ω	117.2 Ω
150µm	275µm	118.9 Ω	115.5 Ω	111.2 Ω



Differential Dual Stripline

Leiterbreite	Leiterabstand	CAN Kupferdicke		
		5µm	17µm	35µm
300µm	450µm	104.1 Ω	100.1 Ω	95.3 Ω
200µm	450µm	123.4 Ω	117.9 Ω	111.4 Ω
175µm	450µm	129.8 Ω	123.7 Ω	116.5 Ω
175µm	375µm	125.9 Ω	119.7 Ω	112.6 Ω
150µm	375µm	133.2 Ω	126.1 Ω	118.1 Ω
150µm	275µm	124.9 Ω	117.8 Ω	109.8 Ω

Leiterplatten 11 ...Konstruktion von Multilayern
130

Impedanzmoduln

Vorberechnete Impedanzmoduln für unterschiedliche technische Anforderungen.

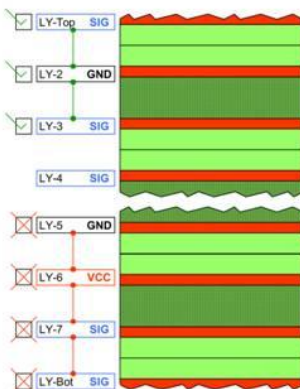
Beschreibung der Tendenz von Impedanzwerten bei Änderungen von Kupferdicken, Laminatdicken und Prepregkombinationen.

Vorgabewerte für die Constraints für das Routing eines CAD-Layouts.

Funktionsmodul : Qualität „Signalintegrität“

Die Signalintegrität wird als „gut“ eingestuft, wenn jedes SIGNAL ein GND als direkte Nachbarlage hat.

Die Bewertung ist „schlecht“, wenn es ein SIGNAL gibt, das zwischen sich und GND ein zweites SIGNAL sieht oder ein VCC.



Leiterplatten 11 ...Konstruktion von Multilayern
138

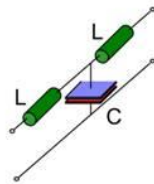
Funktionsmoduln

Bewertung der technischen Funktion von Materialkombinationen in Abhängigkeit von der Verteilung von Signal-, GND- und VCC-Layern. Betrachtung der EMV, der Signal- und der Powerintegrität mit Bezug zur Lagenverteilung.

Impedanz : Physik und Leiterplattentechnologie

Hinweis (Impedanz)

Eine Leiterbahn kann im Ersatzschaltbild als Induktivität mit einem kapazitiven Bezug zur Referenzplane dargestellt werden. Auf der Leiterplatte wird die Kapazität durch die Breite und die Kupferdicke der Signalleiterbahn und durch den Abstand zwischen dem Signallayer und der Powerplane festgelegt.

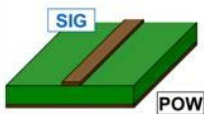


H. Reischer / Polar Instruments

Definition (Impedanz)

Für die Impedanz gilt :

$$\text{Impedanz } Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}}$$



Die allgemeine Zuordnung einer Leiterbahn zu einer Powerplane auf einer Leiterplatte.

Leiterplatten 11 ... Konstruktion von Multilayern

106

Physikalische Anforderungen

Die Übertragung von Signalen auf idealisierten Leiterbahngeometrien. Die Konstruktion von Signallagen und Powerplanes in Abhängigkeit von der Kapazität zwischen Leiterbahn und Layerreferenz.

Signalgeschwindigkeit

Regel (Signalgeschwindigkeit)

Alles, was sich innerhalb einer Einflußsphäre mit einem Radius von zirka 150µm bis 200µm um eine Leiterbahn befindet, hat einen signifikanten Einfluß auf die Signalübertragungsqualität.

Beispiel (offene Leiterbahn)

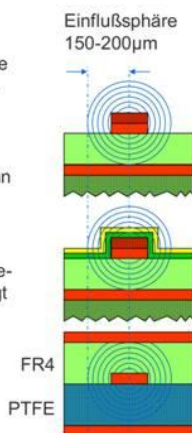
Das effektive Dielektrikum einer offenen Leiterbahn auf einer FR4-Außenlage liegt bei zirka 2.8.

Beispiel (bedruckte Leiterbahn)

Das effektive Dielektrikum einer mit Lötstoplack bedruckten Leiterbahn auf einer FR4-Außenlage liegt bei zirka 3.8.

Beispiel (innenliegende Leiterbahn)

Das effektive Dielektrikum einer innenliegenden Leiterbahn ergibt sich aus den Dielektrika der angrenzenden Materialien.



Leiterplatten 11 ... Konstruktion von Multilayern

111

Signalgeschwindigkeit

Die Einflußsphäre um eine Leiterbahn als bestimmender Faktor für die Qualität eines zu übertragenden Signals. Berücksichtigung der Lagenaufbau-geometrie und der Permittivität der eingesetzten Basismaterialien.

Signalgeschwindigkeit : Basismaterialeigenschaften

Material	Hersteller	Substrat	Tg	ϵ_r (1GHz)	v_{sig} [cm/ns]
NP-155f	NanYa	FR4	150	4.10	14.85
Duraver 114	Isola	FR4	150	4.40	14.29
MC100	Matsushita	FR4	125	4.10	14.85
Duraver CE	Isola	CE	230	3.30	16.48
Duramid CE-Cu	Isola	CE	200	3.00	17.44
TMM6	Rogers	Keramik	n.d.	6.20	12.05
TMM10i	Rogers	Keramik	n.d.	10.0	9.49
Ro4003	Rogers	Glas/Keramik	200	3.58	16.13
Ro4350	Rogers	Glas/Keramik	280	3.68	15.62
D5880	Rogers	Teflon/PTFE	n.d.	2.20	20.27
D6002	Rogers	Teflon/PTFE	n.d.	2.94	17.54
D6006	Rogers	Teflon/PTFE	n.d.	6.15	12.10
Ultralam2000	Rogers	Teflon/PTFE	n.d.	2.50	18.99
Duraver P97	Isola	Polyimid/G30	260	4.40	14.29

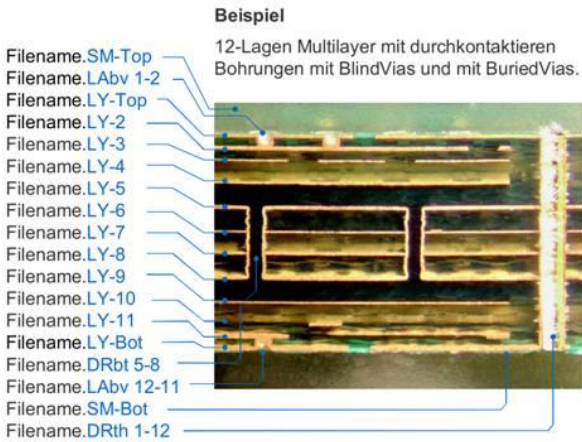
Leiterplatten 11 ... Konstruktion von Multilayern

113

Basismaterialeigenschaften

Erläuterung des Zusammenhangs zwischen der Permittivität/dem Dielektrikum des Basismaterials und der Geschwindigkeit eines übertragenen Signals. Tabellarische Übersicht zu den Geschwindigkeiten auf üblichen und auf Sondermaterialien.

Filesyntax : Extensions für Bohrungen und Laservias (Beispiele)



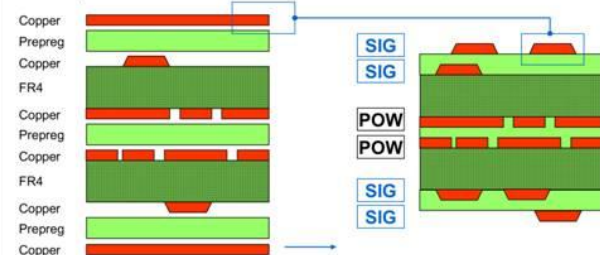
Filesyntax

Ordnungssystem für die zuverlässige Datensicherung und den zuverlässigen Transfer von Multilayern.

Der Filename respektive die Projektbezeichnung in Kombination mit einer Fileextension sorgt für eine unverwechselbare Zuordnung.

Verpressen : Regeln für Powerplanes und äußere Signallagen

Weil die Powerplanes flächig sind, werden sie deutlich geringer in die Oberfläche der Prepregs gedrückt, als dies bei Signallagen der Fall ist. Die äußeren Signallagen werden mit Kupferfolien belegt, die erst nach dem Verpressen strukturiert werden.



Regel Die minimale Prepregdicke zwischen zwei Powerplanes mit einer Kupferdicke $\leq 17\mu\text{m}$ ist $50\mu\text{m}$.

Hinweis Prepregs mit mittlerem / hohem Harzgehalt werden empfohlen.

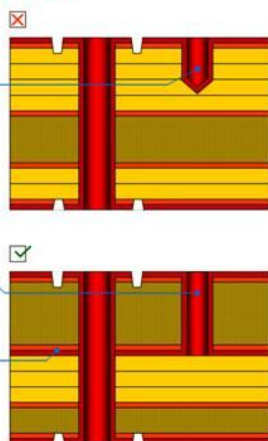
Konstruktionsregeln

Allgemeine Regeln für die Konstruktion von Multilayern. Anzahl der einzufügenden Prepregs bei gegenüberliegenden Signal- und/oder Powerplanes. Abhängigkeiten von den zu verpressenden Kupferdicken. Mögliche Mindestabstände für Multipowersysteme.

Spezielle Multilayerkonstruktion : AspectRatio

Bei Multilayern mit 4 oder 6 Lagen ist das AspectRatio ein Problem, wenn relativ große Lagenabstände mit einem BlindVia verbunden werden sollen. Ist der Lagenabstand zu groß, dann kann eine zuverlässige Metallisierung der Hülse nicht gewährleistet werden.

Alternativ kann der Lagenaufbau von den üblichen *innenliegenden* Kernen auf *außenliegende* Kerne umgestellt werden. Das BlindVia ist dann als partielle Durchkontaktierung machbar. Deren AspectRatio ist günstiger und erlaubt die Verbindung zwischen den Lagen auch über eine größere Distanz. Üblicherweise muß ein zusätzlicher Kontaktierungsschritt ausgeführt werden und der Aufbau ist oft nicht mehr symmetrisch realisierbar.



Lagenaufbaustrategien

Verteilung der innen- und außenliegenden Kerne in einem Lagenaufbau.

Nebenbedingungen für die Multilayerkonstruktion.

Der Einfluß des AspectRatio für Vias auf die Aufbaustrategie für einen Multilayer.

Bauvarianten : Starre 4-Lagen-Multilayer

Leiterplattenproduktion

☐ einfach ☐ schwierig

Bohrungen

☒ NDK ☒ DK
☒ BV ☒ BU

Bestückungslagen

☒ 1 ☒ 2
☒ 3 ☒ 4

Bauteilkomponenten

☒ SMD ☒ THD
☒ Einpressen

Verbindungstechnik

☒ Löten ☒ Bonden
☒ Leitleben

Information

Dies ist die einfachste Bauvariante für einen Multilayer mit 4 Lagen. Alle Bohrungstypen können eingesetzt werden. Optional ist eine Bestückung auf 4 Ebenen möglich.

Anwendungen finden sich in der Industrie-elektronik, bei älteren PC-Boards, bei Grafikkarten, bei einfachen Handys, in der Avionik, im Consumer-Bereich für Audio und Video, in Digitalkameras, in Navigationsgeräten, in DECT-Telefonen und Projektoren.

Ausgangsmaterial → Verbund

Leiterplatten 11 ... Konstruktion von Multilayern

Starre Multilayer

Klassische und spezielle Aufbauten für starre Multilayer.

Materialeinsatz, Materialverteilung und zulässige Materialkombination. Kontaktierungsoptionen mit Bezug auf die Lagenaufbaugeometrie. Übliche Anwendungsbereiche.

Bauvarianten : Flexible 4-Lagen-Multilayer

Leiterplattenproduktion

☐ einfach ☐ schwierig

Bohrungen

☒ NDK ☒ DK
☐ BV ☐ BU

Bestückungslagen

☒ 1 ☐ 2
☐ 3 ☐ 4

Bauteilkomponenten

☒ SMD ☐ THD
☐ Einpressen

Verbindungstechnik

☒ Löten ☐ Bonden
☒ Leitleben

Information

Flexible Materialien können mit Bondplys auch untereinander verklebt werden. Die Klebung wird durch Acrykleber erreicht, mit denen die Bondplys beschichtet sind.

Der entstehende Materialverbund ist aber schon ab 4 Lagen deutlich weniger flexibel wie eine einzelne Flexlage.

Durch die Verdoppelung steht jedoch mehr Fläche für Signalleiterbahnen und für die Stromversorgung zur Verfügung.

Ausgangsmaterial → Verbund

Leiterplatten 11 ... Konstruktion von Multilayern

Flexible Multilayer

Materialien für flexible ein- und doppelseitige Leiterplatten sowie für Multilayer.

Optionen für die Bestückung von flexiblen Multilayern. Bestückbare Bauteile und Bestückungstechnologien sowie einsetzbare Verbindungstechnologien.

Bauvarianten : Starrflexibler 4-Lagen-Multilayer

Leiterplattenproduktion

☐ einfach ☐ schwierig

Bohrungen

☒ NDK ☒ DK
☐ BV ☐ BU

Bestückungslagen

☒ 1 ☒ 2
☐ 3 ☐ 4

Bauteilkomponenten

☒ SMD ☒ THD
☐ Einpressen

Verbindungstechnik

☒ Löten ☐ Bonden
☒ Leitleben

Information

Eine klassische Grundbauform für eine starrflexible Leiterplatte.

Üblicherweise sind mehrere starre Leiterplattenabschnitte durch die innenliegende flexible Verbindung miteinander verbunden.

Einzelne Funktionsblöcke (Speicher, Auswertung, Tastatur, Anzeige) sind so als eine einzige Baugruppe kompakt verbaubar.

Ausgangsmaterial → Verbund

Leiterplatten 11 ... Konstruktion von Multilayern

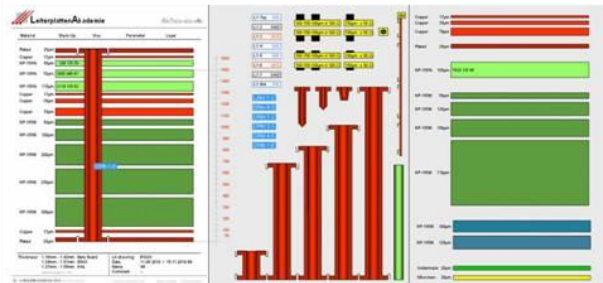
Starrflexible Multilayer

Kombination von flexiblen und starren Materialien für den Aufbau von variablen Multilayersystemen.

Anwendungsbereiche, Optionen für die Kontaktierung und für die Bestückung. CAD-Constraints für das Routing. Berücksichtigung der effektiven Dielektrika.

Leiterplattendokumentation : PPT-Vorlage

PPT-Vorlage für die manuelle Dokumentation von Leiterplatten.



Formular für die Darstellung des Materialaufbaus und der Verwaltungsinformationen.

Optionen für diverse Via-Varianten. Marker für Impedanzen. Layerbezeichnungen.

Optionen für Kupferschichtdicken, starre Lamine, Prepregs und diverse Drucke.

Leiterplatten 11 ...Konstruktion von Multilayern

165

Tutorial Leiterplattendokumentation

Grafische Dokumentation von Leiterplatten, insbesondere Multilayern, für die Fertigung von Leiterplatten und für die Produktion von Baugruppen.

Konstruktionen mit Zeichnungsmoduln für übliche Standardprogramme.

Multilayerdokumentation / Übersicht

Zur Mindestdokumentation einer Leiterplatte gehört die Auskunft über :

- Die *Qualität* und die *Quantität* des eingesetzten Materials
- Die *technischen Parameter* des eingesetzten Basismaterials
- Die *Leiterplattenspezifikation* inklusive der Subqualitäten
- Die *CAD-Constraints* mit den Extremwerten für das Routing
- Die *elektrophysikalischen Eigenschaften* der Leiterplatte
- Die wichtigsten *Volumenparameter* für die Baugruppenproduktion



Standarddokumentation der LeiterplattenAkademie für eine Leiterplatte

Leiterplatten 11 ...Konstruktion von Multilayern

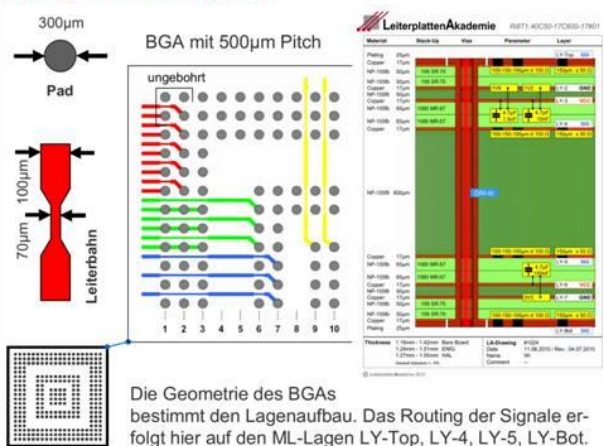
147

Multilayerdokumentation

Exemplarische Beschreibung eines Multilayeraufbaus mit Angabe von Materialien und elementaren Regeln für das CAD-Design.

Bewertung der Eigenschaften von Lagenaufbauten.

Multilayeraufbauten für BGAs



Leiterplatten 11 ...Konstruktion von Multilayern

163

Aufbaustrategien

Positionierung des Lagenaufbaus innerhalb der Zeitschiene für die Planung eines Projektes für eine neue Baugruppe.

Prioritäten bei der Festlegung der Parameter für die Konstruktion eines Multilayeraufbaus.

Impedanzberechnung mit Polar Si8000 : Eingabefelder

Auswahl des Impedanzmoduls
Graphik des Modulaufbaus

Eingabefelder für die Parameter zur Berechnung des Impedanzwertes

Berechnung der Geometrie bei bereits vorgegebener Impedanz

Ergebnis der Impedanzberechnung

Vorwahl für eine verlustlose Berechnung oder für eine Empfindlichkeitsanalyse

Vorwahl des Interface-Typs, der Zielsuchkonvergenz und des Toleranz-Modus.

Leiterplatten 11 ...Konstruktion von Multilayern

134

Tutorial Impedanzberechnung

Einführung und praktische Schulung zur Berechnung von Impedanzen mit dem Polar-Softwareprogramm Si8000.

Entscheidung zur Auswahl eines geeigneten Impedanzmoduls für den Einbau in einen Multilayer.

Aufbau für eine doppelseitige flexible Leiterplatte

LeiterplattenAkademie File:070.340.75-1791

Material	Back-Up	Vias	Parameter	Layer
FR4	100µm		LY-Top, 100µm	1
Adhesive	25µm			2
Copper	17µm			3
Prepreg	17µm			4
Copper	17µm			5
Adhesive	12µm			6
Copper	17µm			7
Prepreg	17µm			8
Copper	17µm			9
Adhesive	12µm			10
Copper	17µm			11
Prepreg	17µm			12
Copper	17µm			13
Adhesive	12µm			14
Copper	17µm			15
Prepreg	17µm			16
Copper	17µm			17
Adhesive	12µm			18
Copper	17µm			19
Prepreg	17µm			20
Copper	17µm			21
Adhesive	12µm			22
Copper	17µm			23
Prepreg	17µm			24
Copper	17µm			25
Adhesive	12µm			26
Copper	17µm			27
Prepreg	17µm			28
Copper	17µm			29
Adhesive	12µm			30
Copper	17µm			31
Prepreg	17µm			32
Copper	17µm			33
Adhesive	12µm			34
Copper	17µm			35
Prepreg	17µm			36
Copper	17µm			37
Adhesive	12µm			38
Copper	17µm			39
Prepreg	17µm			40
Copper	17µm			41
Adhesive	12µm			42
Copper	17µm			43
Prepreg	17µm			44
Copper	17µm			45
Adhesive	12µm			46
Copper	17µm			47
Prepreg	17µm			48
Copper	17µm			49
Adhesive	12µm			50
Copper	17µm			51
Prepreg	17µm			52
Copper	17µm			53
Adhesive	12µm			54
Copper	17µm			55
Prepreg	17µm			56
Copper	17µm			57
Adhesive	12µm			58
Copper	17µm			59
Prepreg	17µm			60
Copper	17µm			61
Adhesive	12µm			62
Copper	17µm			63
Prepreg	17µm			64
Copper	17µm			65
Adhesive	12µm			66
Copper	17µm			67
Prepreg	17µm			68
Copper	17µm			69
Adhesive	12µm			70
Copper	17µm			71
Prepreg	17µm			72
Copper	17µm			73
Adhesive	12µm			74
Copper	17µm			75
Prepreg	17µm			76
Copper	17µm			77
Adhesive	12µm			78
Copper	17µm			79
Prepreg	17µm			80
Copper	17µm			81
Adhesive	12µm			82
Copper	17µm			83
Prepreg	17µm			84
Copper	17µm			85
Adhesive	12µm			86
Copper	17µm			87
Prepreg	17µm			88
Copper	17µm			89
Adhesive	12µm			90
Copper	17µm			91
Prepreg	17µm			92
Copper	17µm			93
Adhesive	12µm			94
Copper	17µm			95
Prepreg	17µm			96
Copper	17µm			97
Adhesive	12µm			98
Copper	17µm			99
Prepreg	17µm			100
Copper	17µm			101
Adhesive	12µm			102
Copper	17µm			103
Prepreg	17µm			104
Copper	17µm			105
Adhesive	12µm			106
Copper	17µm			107
Prepreg	17µm			108
Copper	17µm			109
Adhesive	12µm			110
Copper	17µm			111
Prepreg	17µm			112
Copper	17µm			113
Adhesive	12µm			114
Copper	17µm			115
Prepreg	17µm			116
Copper	17µm			117
Adhesive	12µm			118
Copper	17µm			119
Prepreg	17µm			120
Copper	17µm			121
Adhesive	12µm			122
Copper	17µm			123
Prepreg	17µm			124
Copper	17µm			125
Adhesive	12µm			126
Copper	17µm			127
Prepreg	17µm			128
Copper	17µm			129
Adhesive	12µm			130
Copper	17µm			131
Prepreg	17µm			132
Copper	17µm			133
Adhesive	12µm			134
Copper	17µm			135
Prepreg	17µm			136
Copper	17µm			137
Adhesive	12µm			138
Copper	17µm			139
Prepreg	17µm			140
Copper	17µm			141
Adhesive	12µm			142
Copper	17µm			143
Prepreg	17µm			144
Copper	17µm			145
Adhesive	12µm			146
Copper	17µm			147
Prepreg	17µm			148
Copper	17µm			149
Adhesive	12µm			150
Copper	17µm			151
Prepreg	17µm			152
Copper	17µm			153
Adhesive	12µm			154
Copper	17µm			155
Prepreg	17µm			156
Copper	17µm			157
Adhesive	12µm			158
Copper	17µm			159
Prepreg	17µm			160
Copper	17µm			161
Adhesive	12µm			162
Copper	17µm			163
Prepreg	17µm			164
Copper	17µm			165
Adhesive	12µm			166
Copper	17µm			167
Prepreg	17µm			168
Copper	17µm			169
Adhesive	12µm			170
Copper	17µm			171
Prepreg	17µm			172
Copper	17µm			173
Adhesive	12µm			174
Copper	17µm			175
Prepreg	17µm			176
Copper	17µm			177
Adhesive	12µm			178
Copper	17µm			179
Prepreg	17µm			180
Copper	17µm			181
Adhesive	12µm			182
Copper	17µm			183
Prepreg	17µm			184
Copper	17µm			185
Adhesive	12µm			186
Copper	17µm			187
Prepreg	17µm			188
Copper	17µm			189
Adhesive	12µm			190
Copper	17µm			191
Prepreg	17µm			192
Copper	17µm			193
Adhesive	12µm			194
Copper	17µm			195
Prepreg	17µm			196
Copper	17µm			197
Adhesive	12µm			198
Copper	17µm			199
Prepreg	17µm			200
Copper	17µm			201
Adhesive	12µm			202
Copper	17µm			203
Prepreg	17µm			204
Copper	17µm			205
Adhesive	12µm			206
Copper	17µm			207
Prepreg	17µm			208
Copper	17µm			209
Adhesive	12µm			210
Copper	17µm			211
Prepreg	17µm			212
Copper	17µm			213
Adhesive	12µm			214
Copper	17µm			215
Prepreg	17µm			216
Copper	17µm			217
Adhesive	12µm			218
Copper	17µm			219
Prepreg	17µm			220
Copper	17µm			221
Adhesive	12µm			222
Copper	17µm			223
Prepreg	17µm			224
Copper	17µm			225
Adhesive	12µm			226
Copper	17µm			227
Prepreg	17µm			228
Copper	17µm			229
Adhesive	12µm			230
Copper	17µm			231
Prepreg	17µm			232
Copper	17µm			233
Adhesive	12µm			234
Copper	17µm			235
Prepreg	17µm			236
Copper	17µm			237
Adhesive	12µm			238
Copper	17µm			239
Prepreg	17µm			240
Copper	17µm			241
Adhesive	12µm			242
Copper	17µm			243
Prepreg	17µm			244
Copper	17µm			245
Adhesive	12µm			246
Copper	17µm			247
Prepreg	17µm			248
Copper	17µm			249
Adhesive	12µm			250
Copper	17µm			251
Prepreg	17µm			252
Copper	17µm			253
Adhesive	12µm			254
Copper	17µm			255
Prepreg	17µm			256
Copper	17µm			257
Adhesive	12µm			258
Copper	17µm			259
Prepreg	17µm			260
Copper	17µm			261
Adhesive	12µm			262
Copper	17µm			263
Prepreg	17µm			264
Copper	17µm			265
Adhesive	12µm			266
Copper	17µm			267
Prepreg	17µm			268
Copper	17µm			269
Adhesive	12µm			270
Copper	17µm			271
Prepreg	17µm			272
Copper	17µm			273

Ihr Referent



Arnold Wiemers ist der Leiterplatte seit 1983 verbunden. Von 1985 bis 2009 war er bei der ILFA GmbH in Hannover beschäftigt.

Er war dort verantwortlich für die Fachbereiche CAD und CAM, für die Auftragsvorbereitung und für die technischen Dokumente der Firma ILFA im Internet.

Er ist seit 1982 freier Softwareentwickler (ISW), vornehmlich für branchentypische Applikationen im Bereich der Leiterplatte, wie die Kalkulation und die Fertigungssteuerung von Leiterplatten.

Diverse Fachveröffentlichungen. Referent für Seminare, Konferenzvorträge und Workshops zum Thema Leiterplattentechnologie (MFT, MPS, Impedanz, Multilayersysteme, Designregeln, Gerber, LP2010).

Vom IPC zertifizierter CID, CID+ und Instructor. FED-Designer und FED-Referent. Mitarbeit am Schulungskonzept des FED. Mitarbeit in der international besetzten "Projektgruppe Design" des FED und des VdL/ZVEI.

Die LeiterplattenAkademie

Die Sicherung des Standortes Deutschland in Europa und der Erhalt der internationalen Wettbewerbsfähigkeit setzt sowohl die systematische als auch die kontinuierliche Qualifikation der Mitarbeiter/innen eines Unternehmens voraus.

Die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit einer Industriegesellschaft und ihre technologische Kompetenz am Weltmarkt wird (auch) durch die Qualität ihrer Elektronikprodukte bestimmt.

Das erfordert eine fachlich hochwertige Aus- und Weiterbildung.

Die zentrale Aufgabe der LeiterplattenAkademie ist, das Fachwissen aus den Bereichen der Schaltungsentwicklung, des CAD-Designs, der CAM-Bearbeitung, der Leiterplattentechnologie und der Baugruppenproduktion in Seminaren, Workshops und Tutorials zu vermitteln.

Seminare und Teilnahmegebühren

Das Tagesseminar "**Leiterplatten 11 ...Konstruktion von Multilayern**" wird von uns als freies Seminar durchgeführt, kann für Konferenzen gebucht werden und steht Ihnen auch als InHouse-Seminar zur Verfügung.

Freies Seminar

Die Durchführung liegt bei der LeiterplattenAkademie. Die Termine werden via Mailing, eMail, Internet oder Presseveröffentlichungen mitgeteilt. Die Veranstaltungsorte liegen in Deutschland, Österreich und der Schweiz. Die Teilnahmegebühr beträgt 520 € zzgl. MwSt. pro Person. Enthalten sind ausführliche Seminarunterlagen, das Teilnahmezertifikat, Mittagessen und Getränke.

Konferenz-Seminar

Wenn Sie "**Leiterplatten 11 ...Konstruktion von Multilayern**" auf Ihrer Konferenz anbieten möchten, dann sprechen Sie bitte unsere Seminarleitung an.

InHouse: Unser Seminar in Ihrem Haus

Das Seminar "**Leiterplatten 11 ...Konstruktion von Multilayern**" wird auch firmen-intern referiert. Sie sparen Reise- und Übernachtungskosten, vor allem jedoch Zeit.

Für pauschal 2.900 € zzgl. MwSt. liefern wir Ihnen unsere Referenten "frei Haus" bei Teilnahme von bis zu 10 Personen.

Jeder Teilnehmer erhält ausführliche Seminarunterlagen sowie ein Teilnahmezertifikat. Für mehr als 10 Teilnehmer unterbreiten wir Ihnen gerne ein gesondertes Angebot.

Eine individuelle Themengestaltung mit firmentypischen Schwerpunkten ist selbstverständlich möglich. Bitte stimmen Sie sich mit uns ab.

Wir bieten Ihnen 15% Rabatt für InHouse-Seminare in den Monaten Juli und August.



Die LeiterplattenAkademie

Die LA - LeiterplattenAkademie GmbH ist eine Schulungs- und Weiterbildungseinrichtung für die Fachbereiche

Schaltungsentwicklung

CAD-Design

CAM-Bearbeitung

Leiterplattentechnologie

Baugruppenproduktion

Die Akademie versteht sich als Partner für öffentliche Einrichtungen und Unternehmen der Wirtschaft, die in vergleichbaren Feldern engagiert sind.



LA - LeiterplattenAkademie GmbH
Krefelder Straße 18
10555 Berlin

Telefon

(030) 34 35 18 99

Telefax

(030) 34 35 19 02

eMail

info@leiterplattenakademie.de

Internet

www.leiterplattenakademie.de