

影响印刷电路板(PCB) 的特性阻抗因素及对策*

田丽

(安徽工程科技学院电气系 芜湖 ,241000)

摘要:本文给出了印刷电路板(PCB) 特性阻抗的定义,分析了影响特性阻抗的因素及 PCB 的构造参数对特性阻抗精度的影响,最后给出了一些对策。

关键词:印刷电路板 特性阻抗 精度

ABSTRACT:The definition of characteristic Impedance of PCB is given .The factors which effect the PCB' S characteristic impedance are analyzed .The factors which the PCB' S structure parameters effect the PCB' S accuracy are also analyzed .Some proposals are given .

KEY WORDS :PCB Characteristic impedance Accuracy

中图分类号 :TM215 .92

文献标识码 :A

0 引言

我国正处在以经济建设为中心和改革开放的大好形势下,电子工业的年增长率会超过 20 %,印刷电路板工业依附整个电子工业也会顺势而涨,而且超过 20 %的增长速度。世界电子工业领域发生的技术革命和产业结构变化,正为印刷电路的发展带来新的机遇和挑战。印刷电路随着电子设备的小型化、数字化、高频化和多功能化发展,作为电子设备中电气的互连件——PCB 中的金属导线,已不仅只是电流流通与否的问题,而是作为信号传输线的作用。也就是说,对高频信号和高速数字信号的传输用 PCB 的电气测试,不仅要测量电路(或网络)的通断和短路等是否符合要求,而且还应该测量特性阻抗值是否在规定的合格范围内。只有这两方向都合格了,印刷板才符合要求。

印刷电路板提供的电路性能必须能够使信号传输过程中不发生反射现象,信号保持完整,降低传输损耗,起到匹配阻抗的作用,这样才能得到完整、可靠、精确,无干扰、噪音的传输信号。本文就实际中常用的表面微带线结构多层板的特性阻抗控制的问题进行讨论。

1 表面微带线及特性阻抗

表面微带线的特性阻抗值较高并在实际中广泛采用,它的外层为控制阻抗的信号线面,它和与之相邻的基准面之间用绝缘材料隔开,见图 1。

特性阻抗的计算公式为:

$$Z_0 = 87 / \text{SQRT}(\epsilon_r + 1 .41) \times \ln[(5 .98h) / (0 .8w + t)] \quad (1)$$

Z_0 :印刷导线的特性阻抗;

ϵ_r :绝缘材料的介电常数;

h :印刷导线与基准面之间的介质厚度;

w :印刷导线的宽度;

t :印刷导线的厚度。



图 1 表面微带线结构

从图 1 以及公式(1)可以看出,影响特性阻抗的主要因素是:(1) 介电常数 ϵ_r ;(2) 介质厚度 h ;(3) 导线宽度 w ;(4) 导线厚度 t 等。因而可知,特性阻抗与基板材料(覆铜板材)关系是非常密切的,故选择基板材料在 PCB 设计中非常重要。

2 材料的介电常数及其影响

材料的介电常数是材料的生产厂家在频率为 1 MHz 下测量确定的。不同生产厂家生产的同种材料由于其树脂含量不同而不同。本研究以环氧玻璃布为例,研究了介电常数与频率变化的关系,如图 2 所示。由图 2 可知,介电常数是随着频率的增加而减小,所以在实际应用中应根据工作频率确定材料的介电常数,参照图 2,一般选用平均值即可满足要求。信号在介质材料中传输速度将随着介电常数增加而减小。因此要获得高的信号传输速度必须降低材料的介电常数。同时要获得高的传输速度就必须采用高的特性阻值,而

* 安徽省教育厅治安科学基金项目编号 * (2001 KJ044)

高的特性阻值必须选用低的介质常数材料。

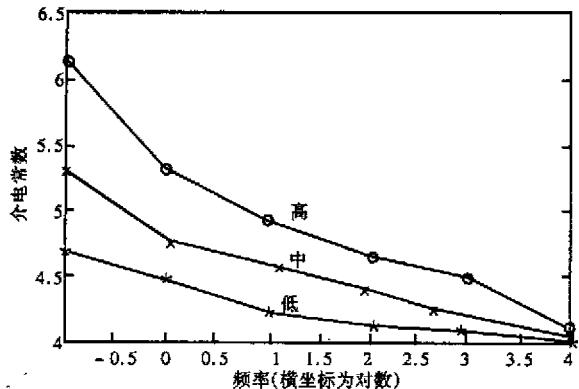


图 2 介电常数与频率的关系

图中横坐标取了对数刻度,也即频率变化范围为 0.1 ~ 10000(MHz)。

3 导线宽度及厚度的影响

导线宽度是影响特性阻抗变化的主要参数之一。图 3 以表面微带线为例,说明阻抗值与导线宽度的关系。

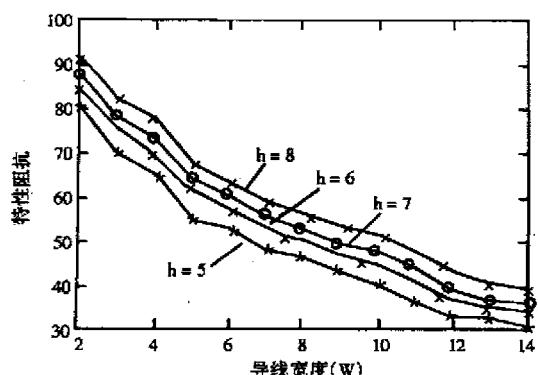


图 3 导线宽度、介质厚度与特性阻抗的关系

从图 3 中可以看到当导线宽度改变 0.025 mm 时,就会引起阻抗值相应的变化 5 ~ 6 Ω。而在实际生产中如果控制阻抗的信号线面使用 18 μm 铜箔,可允许的导线宽度变化公差为 ±0.015 mm。如果控制阻抗的变化公差为 35 μm 铜箔,可允许的导线宽度变化公差为 ±0.03 mm。由此可见,生产中所允许的导线宽度变化会导致阻抗值发生很大的改变。导线的宽度是设计者根据多种设计要求确定的,它既要满足导线载流量和温升的要求,又要得到所期望的阻抗值。这就要求生产者在生产中应该保证线宽符合设计要求,并使其变化在公差范围内,以适应阻抗的要求。

导线厚度也是根据导体所要求的载流量以及允许的温升确定的。在生产中为了满足使用要求,镀层厚度一般平均为 25 μm。导线厚度等于铜箔厚度加上镀层厚度。需要注意的是电镀前一度要保证导线表面清洁,不应粘有残余物和修板油黑,而导致电镀时铜没有镀上,使局部导线厚度发生变化,影响特性阻抗值。另外,在刷板过程中,一定要小心操作,不要因此而改变

了导线厚度,导致阻抗值发生变化。

4 介质厚度 (h) 的影响

从公式(1)中可看出,特性阻抗 Z_0 是与介质厚度的自然对数成正比的,因而可知介质厚度越厚,其 Z_0 越大,所以介质厚度是影响特性阻值的另一个主要因素。因为导线宽度和材料的介电常数在生产前就已经确定,导线厚度工艺要求也可作为一个定值,所以控制层压厚度(介质厚度)是生产中控制特性阻抗的主要手段。从图 3 可以得出特性阻抗值与介质厚度变化之间的关系。由图中可以看出,当介质厚度改变 0.025 mm 时,就会引起阻抗值相应的变化 +5 ~ 8 Ω。而在实际生产过程中,所允许的每层层压厚度变化将导致阻抗值发生很大的改变。在实际生产中是选用不同型号的半固化片作为绝缘介质,根据半固化片的数量确定绝缘介质的厚度。以表面微带线为例,生产过程中可以参照图 2,确定相应工作频率下绝缘材料的介电常数,然后利用公式计算出相应的 Z_0 ,再根据用户提出的导线宽度值和计算值 Z_0 ,通过图 3 查出相对应的介质厚度,然后根据所选用的覆铜板和铜箔的厚度确定半固化片的型号和张数。

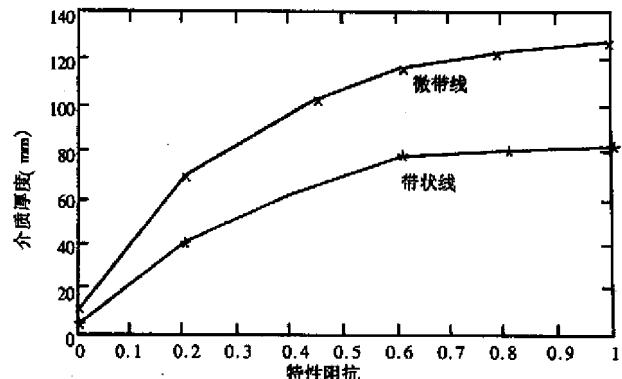


图 4 不同结构的介质厚度对 Z_0 的影响

从图 4 可以看出,微带线结构的设计比起带状线设计时,在相同介质厚度和材料下,具有较高的特性阻抗值,一般要大 20 ~ 40 Ω。因此,对高频和高速数字信号传输大多采用微带线结构的设计。同时,特性阻抗值将随着介质厚度的增加而增大。所以,对于特性阻抗值严格控制的高频线路来说,对覆铜板的介质厚度的误差应提出严格要求,一般来说,其介质厚度变化不超过 10 %。对于多层板来说,介质厚度还是个加工因素,特别是与多层次压加工密切相关,因此,也应严密加以控制。

5 结 论

在实际生产中,导线的宽度、厚度、绝缘材料的介电常数和绝缘介质厚度的稍微改变都会引起特性阻抗

值发生变化。另外特性阻抗值还会与其它生产因素有关。所以,为了实现对特性阻抗的控制,生产者必须了解影响特性阻抗值变化的因素,掌握实际生产条件,

据设计者提出的要求 调整各个工艺参数 使其变化在所允许的公差范围内,以得到期望的阻抗值。

- 1 张家亮.改善 PCB 基材介电性能的材料动态.印刷电路信息 [J],2000(4):11 ~ 14
- 2 祝大同.PCB 基板材料走向高性能、系列化.印刷电路信息 [J],2000(4):16 ~ 21
- 3 Motorola Application Note . Transmission Lion Effects in PCB Application[J]. ANI 051

射 频 和 天 线 设 计 培 训 课 程 推 荐

易迪拓培训(www.edatop.com)由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立，致力并专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养；我们于 2006 年整合合并微波 EDA 网(www.mweda.com)，现已发展成为国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地，成功推出多套微波射频以及天线设计经典培训课程和 ADS、HFSS 等专业软件使用培训课程，广受客户好评；并先后与人民邮电出版社、电子工业出版社合作出版了多本专业图书，帮助数万名工程师提升了专业技术能力。客户遍布中兴通讯、研通高频、埃威航电、国人通信等多家国内知名公司，以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

易迪拓培训课程列表：<http://www.edatop.com/peixun/rfe/129.html>



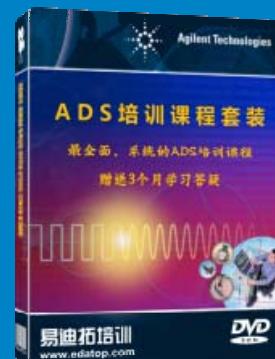
射频工程师养成培训课程套装

该套装精选了射频专业基础培训课程、射频仿真设计培训课程和射频电路测量培训课程三个类别共 30 门视频培训课程和 3 本图书教材；旨在引领学员全面学习一个射频工程师需要熟悉、理解和掌握的专业知识和研发设计能力。通过套装的学习，能够让学员完全达到和胜任一个合格的射频工程师的要求…

课程网址：<http://www.edatop.com/peixun/rfe/110.html>

ADS 学习培训课程套装

该套装是迄今国内最全面、最权威的 ADS 培训教程，共包含 10 门 ADS 学习培训课程。课程是由具有多年 ADS 使用经验的微波射频与通信系统设计领域资深专家讲解，并多结合设计实例，由浅入深、详细而又全面地讲解了 ADS 在微波射频电路设计、通信系统设计和电磁仿真设计方面的内容。能让您在最短的时间内学会使用 ADS，迅速提升个人技术能力，把 ADS 真正应用到实际研发工作中去，成为 ADS 设计专家…



课程网址：<http://www.edatop.com/peixun/ads/13.html>



HFSS 学习培训课程套装

该套课程套装包含了本站全部 HFSS 培训课程，是迄今国内最全面、最专业的 HFSS 培训教程套装，可以帮助您从零开始，全面深入学习 HFSS 的各项功能和在多个方面的工程应用。购买套装，更可超值赠送 3 个月免费学习答疑，随时解答您学习过程中遇到的棘手问题，让您的 HFSS 学习更加轻松顺畅…

课程网址：<http://www.edatop.com/peixun/hfss/11.html>

CST 学习培训课程套装

该培训套装由易迪拓培训联合微波 EDA 网共同推出，是最全面、系统、专业的 CST 微波工作室培训课程套装，所有课程都由经验丰富的专家授课，视频教学，可以帮助您从零开始，全面系统地学习 CST 微波工作的各项功能及其在微波射频、天线设计等领域的设计应用。且购买该套装，还可超值赠送 3 个月免费学习答疑…



课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/cst/24.html>



HFSS 天线设计培训课程套装

套装包含 6 门视频课程和 1 本图书，课程从基础讲起，内容由浅入深，理论介绍和实际操作讲解相结合，全面系统的讲解了 HFSS 天线设计的全过程。是国内最全面、最专业的 HFSS 天线设计课程，可以帮助您快速学习掌握如何使用 HFSS 设计天线，让天线设计不再难…

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/122.html>

13.56MHz NFC/RFID 线圈天线设计培训课程套装

套装包含 4 门视频培训课程，培训将 13.56MHz 线圈天线设计原理和仿真设计实践相结合，全面系统地讲解了 13.56MHz 线圈天线的工作原理、设计方法、设计考量以及使用 HFSS 和 CST 仿真分析线圈天线的具体操作，同时还介绍了 13.56MHz 线圈天线匹配电路的设计和调试。通过该套课程的学习，可以帮助您快速学习掌握 13.56MHz 线圈天线及其匹配电路的原理、设计和调试…



详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/116.html>

我们的课程优势:

- ※ 成立于 2004 年，10 多年丰富的行业经验，
- ※ 一直致力并专注于微波射频和天线设计工程师的培养，更了解该行业对人才的要求
- ※ 经验丰富的一线资深工程师讲授，结合实际工程案例，直观、实用、易学

联系我们:

- ※ 易迪拓培训官网: <http://www.edatop.com>
- ※ 微波 EDA 网: <http://www.mweda.com>
- ※ 官方淘宝店: <http://shop36920890.taobao.com>