

文章编号: 1008-6374(2001)01-0032-03

# PCB 可测性设计

张宏伟, 蔡金燕, 封吉平

(军械工程学院 光学与电子工程系, 河北 石家庄 050003)

**摘要:** 目的 提高 PCB 的检测和故障诊断能力, 从而提高 PCB 的维修性. 方法 结构标准化和应用新的可测性设计. 结果 PCB 的测试检测能力显著提高. 结论 可测性设计是提高 PCB 测试、检测能力的有效手段.

**关键词:** 可测性; 故障检测; 检测; 可控性

**中图分类号:** TN702      **文献标识码:** A

随着电子产品中集成电路的广泛应用和通用自动测试设备 ATE(Auto Testing Equipment)的发展和运用, 对印制板 PCB(Print Circuit Board) 的检测和测试需求越来越多, 难度也越来越大, 由于以往的设计往往只考虑了其技术指标, 很少考虑测试和修理的需要, 因此, 其维修性较差. 而维修是建立在有效的检测和测试基础之上, 所以, 可测性是决定维修性的重要因素, 对可测性设计的要求也相应地越来越高.

## 1 PCB 测试时存在的问题

以往 PCB 设计所关心的主要是逻辑功能、速度、时间匹配和电性能参数, 由于集成技术的发展, 元器件的密度越来越大, 被测电路越来越复杂, 规模越来越大, 因此, 在检测、测试和故障诊断时遇到了难以克服的困难, 特别是在脱离系统、使用 ATE 进行功能检测和故障诊断时显得尤为突出.

(1) 接口不规范. 不同的 PCB 根据各自的需要使用不同的接口, 从需求的角度看没有不妥之处; 但从可测性的要求看, 希望无需转接, 使用 ATE 就能够对其进行检测、测试和故障诊断. 目前, 由于接口不规范、不标准, 造成其检测、测试和故障诊断时的诸多不便, 因此, 接口不标准是限制 ATE 广泛应用的主要问题.

(2) 结构设计不合理. 由于设计时技术指标是主要的考虑因素, 测试和维修的需要较少顾及, 因此, PCB 普遍存在缺少必要的中间测试点和控制点, 有些器件由于种种原因安装在 PCB 之外, 造成在使用 ATE 对其进行测试时极不方便. 使用反馈回路时, 也没有采取必要的措施, 甚至采用外部反馈回路, 这都给检测、测试和故障诊断带来困难.

\* 收稿日期: 2000-06-26

作者简介: 张宏伟(1969—), 男, 讲师, 从事专业: 雷达工程.

## 2 PCB 可测性设计的一般要求

可测性设计是指一切能使测试生成和故障诊断变得容易的设计,是电路本身的一种设计特性,是提高可靠性和维修性的重要保证,包括可控性和可观测性。

对于 PCB 的可测性要求是:在系统中实现易检测和故障诊断;在使用 ATE 测试时,易实现测试生成和故障诊断。因此,要求在其研制设计阶段的电路必须是易测的。通常,易测电路需具备 3 个特点:(1) 电路很容易置成所需要的初态;(2) 电路的内部状态要很容易用测试模式从电路的初级输入控制;(3) 电路的内部状态要很容易通过电路的初级输出或者利用专门的测试点唯一识别。

PCB 可测性设计是为使其检测、测试和故障诊断变得容易、可控而采取的有效手段,应包括两个方面的内容:结构的标准化设计和应用新的测试技术。

### 2.1 结构的标准化设计

#### 2.1.1 接口标准化和信号规范化

PCB 接口的标准化和信号的规范化是实现 ATE 对其检测和测试的前提和基础,同时,有利于实现测试总线的连接,测试系统的组织以及测试系统中的层次化测试。

#### 2.1.2 实现结构设计合理化

可测性结构设计的合理化是保证测试技术通用性的关键。

(1) 进行模块划分。在印制板上进行模块划分是一种容易实现和行之有效的可测性设计方法,通常可按以下方法进行划分:a. 根据功能划分(功能划分);b. 根据电路划分(物理划分);c. 根据逻辑系列划分;d. 按电源电压的分隔划分。不同的 PCB 在设计时,可根据其具体情况选择适合的划分方法。

(2) 测试点和控制点的选取。测试点和控制点是故障检测、隔离和诊断的基础,测试点和控制点选取的好坏将直接影响到其可测性和维修性。提高 PCB 可测性的一种最简单的方法是提供更多的测试点和控制点,而且这些点分布越合理,其故障检测率就越高,因此,选取适当的测试点和控制点是可测性设计的重要环节。

测试中,如果遇到如下情况时,应设计测试点:a. 顺序电路中各功能块间;b. 电路扇入、扇出点处;c. 余度电路输出端;d. 时钟电路输出端;e. 每个单稳态电路中(尽量避免使用);f. 时序电路中各 IC 间;g. 在逻辑和模拟电路之间;h. 寄存器的数据输入端;i. 存储元件的输出端。如遇到下述情况时,应设置控制点:a. 存储器地址线;b. 计数器链的并行输入线;c. 存储元件上空着的置位/复位线。

(3) 尽可能减少外部电路和反馈电路。外部电路和反馈电路的使用虽然能够使 PCB 的设计简便、性能稳定,但却不利于测试和维修,因此,从可测性的角度考虑应尽可能不使用外部电路和反馈电路,如必须使用,则需注明外接元器件的类型、参数和作用;对于反馈电路,必须采取必要的可测性措施,如开关、三态器件等,在测试和检测时断开反馈电路,并设计测试点和控制点。

(4) 其他要求。在设计时还应注意以下几点:a. 应尽量避免使用异步时序电路;b. 定时电路的时钟振荡器在测试时应能断开;c. 应尽可能避免使用单脉冲。

## 2.2 应用新的测试技术

常用的可测性设计技术有扫描通道、电平敏感扫描设计、边界扫描等。尤其是90年代初出现的边界扫描技术在近10年发展速度很快,给PCB的可测性设计提供了技术保证。

在PCB中引入边界扫描设计可以通过边界扫描端口对其成百上千个可控制或可观测节点进行访问,增强PCB测试的分析诊断能力;通过一次测试,可以识别更多的故障,减少测试与修复的循环次数;基于边界扫描的PCB测试程序可以预先根据电路的拓朴结构方便地编写,实现测试的标准化;基于边界扫描协议的测试功能可以应用到其研制、生产和调试的不同阶段,实现测试复用。对于功能测试,引入边界扫描设计使得PCB内部的可控制性、可观察性得到提高,不仅测试准备工作更加容易,还可减少甚至消除故障模拟。因此,引入边界扫描测试技术可以有效地缓解包括在线测试(In-Circuit Test),功能测试(Function Test)和组合测试(Combined Test)在内的所有测试情况所面临的测试困难。

近年来,IEEE 1149.1可测性设计技术的推广应用,不仅能提高PCB的测试和故障诊断能力,而且可以从根本上解决ATE设计中大量信号通道这个最关键的技术难点,使测试设备和测试系统的设计和开发大大简化。

## 3 结 论

结构的标准化设计和应用新的测试技术是提高印制板可测性的重要手段,也是必然的趋势。PCB的局部边界扫描设计已在实际测试中取得巨大成功,因此,它将成为未来的主流设计。边界扫描将和ATE相互辅助共同应用于未来的PCB测试中。

## 参考文献:

- [1] 曾芷德. 数字系统测试与可测性[M]. 北京:国防科技大学出版社,1992.93~144.
- [2] 温熙森,胡政,易晓山,等. 可测试性技术的发展与未来[J]. 测控技术,2000,19(1):9~12.
- [3] 邱峰,孟汉城,梁松海. 边界扫描测试技术在印制板测试中的应用[J]. 国外电子测量技术,1999,(6):15~17.
- [4] 龚至泽,孙兆军. 插件互换性与印制板连接器的标准化[J]. 电子机械工程,1999,(6):25~28.

## Design for Measurability of PCB

ZHANG Hong-wei, CAI Jin-yan, FENG Ji-ping

(Dept. of Optics and Electronic Engineering, Ordnance Engineering College, Shijiazhuang 050003, China)

**Abstract:** **Aim** To improve inspection and fault diagnosis ability for PCB and raise the maintainability of PCB. **Methods** Standardization of structure and new design for measurability are applied. **Results** Testing and detection ability for PCB is improved markedly. **Conclusion** Design for measurability is an effective means to improve testing and inspection ability for PCB.

**Key words:** measurability; fault detection; measuring; controllability

## 射频和天线设计培训课程推荐

易迪拓培训([www.edatop.com](http://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](http://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>