

混合电路故障仿真技术研究*

花 锋

(盐城工学院 CAD 中心,江苏 盐城 224003)

摘 要 :简要介绍了一种混合电路故障仿真技术,着重描述如何生成预响应信号,以及如何保证预响应信号的正确性。同时介绍了在故障诊断软件中处理模拟信号的方法,并以一个简单的测试用例来具体地介绍了这种方法。

关键词 :故障诊断;故障仿真;预响应信号

中图分类号 :TP391.9

文献标识码 :A

文章编号 :1671-5322(2006)01-0016-03

电路板广泛应用于各行各业,由于电子元件和电子线路以及使用寿命等的影响,故障的产生是不可避免的。早期的故障诊断主要是依靠工程技术人员凭借自己的丰富经验和理论知识并借助一些测试工具(如万用表、示波器等)来完成的,特别是随着电路板复杂程度的增加,很难通过人工检测来完成故障诊断。

近年来随着计算机技术的发展,特别是软件技术和各种高精度仪器仪表的出现,使得故障诊断的自动化成为可能。在实际应用中,常采用计算机软件控制示波器等仪器仪表来测量电路板中某点的电压值、波形等可测信号,同时借以一定的人工辅助,将测得的实际信号与事先测得的标准信号作比较来判断是否有故障存在。标准信号又称为预响应信号,它是将输入激励加到无故障电路板上时所测得的输出响应及相关的中间节点响应。根据电路板的复杂程度和输入激励的测试序列数,预响应的数据量可能很大。下面就如何得到预响应信号以及通过故障仿真的方法来保证预响应信号的正确性做出讨论,同时给出一个既有数字信号又有模拟信号的混合电路板作为实例。

1 故障检测与故障诊断

故障检测是检测电路板是否存在故障。检测时在电路的输入端加载适当的激励信号,在输出

端得到输出信号,当输出信号与预期的输出信号相同时,即可判断该电路板完好,否则就有故障存在^[1]。

当故障检测后,得出电路板存在故障,就要进行故障诊断了。故障诊断是在电路存在故障的前提下,进行故障的定位。

①选取一个输出信号与预期响应不符的输出点。

②在输入端施加相同的测试矢量(即在这个测试矢量下,所选的这个输出点的输出信号与预期响应不符)

③根据测试网表,找到该输出点的网点名,该网点所连的各点中,必有一个点是某元件的一个输出。找出这个元件(设为 D_n),从依赖模型库中可以查到该输出信号所依赖的所有输入点。

④逐个检查各输入点信号,如果都与预期响应相符,则可判断 D_n 有故障,否则,还要往前搜索。

⑤重复步骤①-④直到定位到故障为止。

2 预响应

电路板故障诊断要求在电路输入端加载的激励能够将电路板中的故障显现出来。这就要求将输入激励划分成多个节拍,在不同的节拍加入不同的输入信号。举个简单的例子,如图1所示:

* 收稿日期 2005-12-09

万方数据

作者简介:花 锋(1979-),男,江苏盐城人,硕士,盐城工学院讲师,主要研究方向为计算机应用技术。

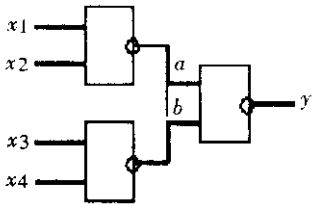


图 1 数字电路测试模型

Fig.1 Digital circuit test model

在这个简单的纯数字电路中,当在 a 点出现故障时,若想把这个故障反应到输出端 y 上,则 b 点的信号必须为 1,相应的,当 b 点出现故障时 a 点必须为 1。因此,要检测 a 、 b 点的故障至少应有两个输入激励:

$x_1 = 0$ $x_2 = 0$ x_3 与 x_4 的信号视 b 点是故障 1 还是故障 0 而定;

$x_3 = 0$ $x_4 = 0$ x_1 与 x_2 的信号视 a 点是故障 1 还是故障 0 而定。

实际应用中,可能中间节点的信号并不是简单的数字量(1 和 0),按照输入信号序列,中间节点可能是一连串波形(方波或正弦波),而输出端可能是模拟量。在这种情况下,若把中间的波形也反应到输出端的模拟量上反而不是很方便,所以,中间节点的信号也可以作为预响应进行录取。

在编写 PCB 故障仿真软件时,为了检验测试软件的有效性以及录取的预响应数据是否正确,对 PCB 进行故障仿真是很有必要的。至少存在两个理由^[2]:

- ①没有必要将完好的电路板弄坏。
 - ②可以由技术人员随意地造出故障,从而可以检验电路的任何一路的预响应数据是否正确。
- 故障仿真,顾名思义,就是在工程技术人员的控制下,模拟电路板中的故障。故障仿真的方法有很多,下面将举出我们在工程开发中曾经使用过的一种简单的,但却是十分有效的方法,以供大家参考。

图 2 所示电路图功能简介:54LS138 为 3-8 译码器,由于它的 4、5 端为低电平,6 端为高电平,JC18 始终是通的。54LS240 为反向器,JC11-1、JC11-19 均为低电平,它也是通路状态。X920A 为波控驱动器,内含四路独立的驱动电路,其主要功能是将输入的 TTL 电平脉冲信号转换成正负脉冲电平驱动信号,输入输出反相,按照图 2 所示,当某一路的输入为低电平时输出将为 15 V(实际不到 15 V,比 13 V 稍大一点),当输入为高电平时,输出为 -5 V(实际为 -5 V 与 -4 V 之间的某一个值)。

该电路图的测试思路:采用伪穷举的方法,在 3-8 译码器的 3 个输入端加载 8 个不同的信号,将 8 个输出端都选通一次,然后根据中间节点和整个电路输出端的响应来进行检测,这样测试过程就分为 8 个子测试。

首先,写出输入端的激励信号,然后根据电路图的逻辑关系可以得到中间节点与电路输出端的信号,如表 1 所示:

表 1 预响应信号

Table1 The primary response

输入端	A1A2A3	000	001	010	011	100	101	110	111
中间节点	D0D1D2D3	0111	1011	1101	1110	1111	1111	1111	1111
	D4D5D6D7	1111	1111	1111	1111	0111	1011	1101	1110
	B0B1B2B3	1000	0100	0010	0001	0000	0000	0000	0000
	B4B5B6B7	0000	0000	0000	0000	1000	0100	0010	0001
输出端	输出信号为 -5 V 的输	OUT	OUT	OUT	OUT	OUT	OUT	OUT	OUT
	出端,其余均为 15 V	8	9	10	11	12	13	14	15

3 故障仿真

表 1 是在假定被测试板是完好的情况下获得的预响应数据。在录取预响应时,有可能电路板就已经存在一些故障,那么录得的预响应信号就会不正确,这就需要采用故障仿真的方法对标准信号(预响应)进行检验,同样,测试软件在调试阶段也需用故障仿真来检验软件。

根据故障诊断的算法,要检验预响应信号的正确性,首先应该将预响应中某一路的输出信号修改成与录取值不一样的一个值^[3],然后根据各个元器件的依赖关系,从电路板的输出端到输入端依次找出所有对这个输出端有贡献的中间节点和输入端。在图 2 中对输出端 OUT12 有贡献的各个点为:

中间节点:JC5 的 1、16,B4,JC11 的 2、18,

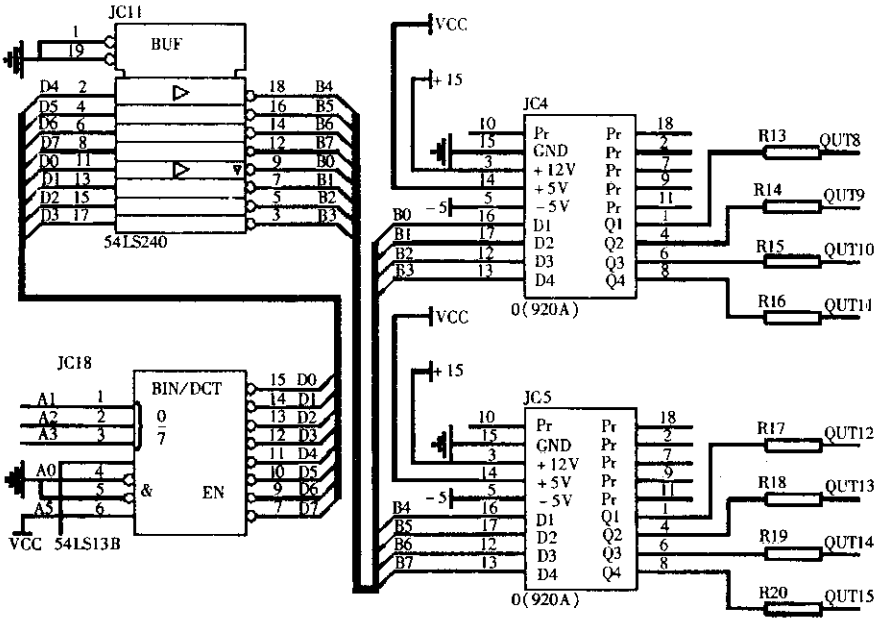


图 2 混合电路测试模型
Fig. 2 mixed circuit test model

D4 ,JC18 的 11、1、2、3。

输入端 :A1 ,A2 ,A3。

在这个实例中 ,我们来验证输出端 OUT12 电压为 - 5 V 时的预响应数据。在数据库中 ,将 OUT12 的电压值修改为 10 V ,根据故障诊断的算法 ,测试软件运行时就会显示电路板在 OUT12 处有错误(故障有可能发生在 OUT12 处 ,也有可能发生在对 OUT12 有贡献的点上)。但是 ,此时不是电路板有故障 ,而是我们修改了数据库 ,使得测试软件认为电路板中有故障 ,我们正是利用了这一点来检验预响应数据。根据表 2 可以得到对 OUT12 有贡献的各个点的信号。

表 2 对 OUT12 有影响的各点信号

Table2 Signals of nodes affecting OUT12

输入端			中间节点									
A1	A2	A3	JC5		B4	JC11		D4	JC18			
			1	16		2	18		11	1	2	3
1	0	0	-5 V	1	1	0	1	0	0	1	0	0

搜索路径为 :OUT12→JC5. 1→JC5. 16→B4→JC11. 18→JC11. 2→D4→JC18. 11→A1A2A3。

故障定位的原则 :从 OUT12 到 A * 的各个点中 ,如果某个点的实测值与预响应相同 ,而它的前一个点与预响应不同 ,则故障就发生这两点之间。

故障仿真的方法 :在预响应正确的情况下 ,从

输出端到输入端 ,如果要诊断某点的故障 ,就不把这个点以前的实测值输入到软件中 ,如果能定位故障到这一点 ,则可以断定测试软件在这一路上是没有问题的 ,否则 软件还需调试。

那么又如何保证预响应是正确的呢 ? 首先修改输出端 OUT12 的电压值 ,然后用另外一块同样的电路板 ,来进行故障的定位 ,此时还可以将测试人员换掉 ,以避免造成预响应不正确的人为因素。与检验测试软件不同之处在于 检验预响应时 ,如果能将故障定位到 JC11. 2 - D4 之间那么 D4 点的预响应数据就是正确的。

通常在电路板中存在各种类型的信号 ,如正弦波、脉冲、三角波 ,甚至不规则信号 ,但是无论哪种信号 ,只要能把它事先录取下来 ,在实际诊断时 ,将事先录取的信号与实测量进行比较就可以进行故障的定位了。图 2 所示的例子中 ,只有两种类型的信号 ,方波与模拟量 ,但是已经能够说明问题的一般性了。

4 结论

使用故障仿真的方法来检验预响应与测试软件是与故障诊断过程相反的。一个是假定电路板完好 ,以用来检验预响应与测试软件是否正确 ,另一个是假定预响应与测试软件是正确的 ,以用来进行故障的定位。

(下转第 47 页)

插值在数字示波器中的应用,通过编程和仿真可以看出,针对不同波形选取适合的插值算法和适合的插值参数可以有效的改善波形恢复的误差过大问题,达到所希望的精度。

参考文献：

[1] 刘益成,罗维炳. 信号处理与过抽样转换器[M]. 北京:电子工业出版社,1997.
[2] 周培德. 算法设计与分析[M]. 北京:机械工业出版社,1992.
[3] A. V. 奥本海姆,R W. 谢弗. 数字信号处理[M]. 北京:科学出版社,1980.
[4] 林茂六. 高速采样信号数字内插理论与正弦内插算法研究[J]. 电子学报,2000,28(12) 8 - 10.

Study on the Interpolation Algorithm for Digital Oscilloscope

ZHANG Hui

(Department of Electricity Engineering ,Southeast University ,Jiangsu Nanjing 210096 ,China)

Abstract :This paper introduces the application of interpolation algorithm to digital oscillograph. According to programming and simulation , the instauration results of sinc interpolation and linear interpolation for forming of some kinds of waves are compared and the RMS errors are computed and analyzed.

Keywords :digital oscillograph ; sinc interpolation ; linearity interpolation ; RMS errors

(上接第 18 页)

参考文献：

[1] 陈媛,杨武. 系统级故障诊断方法概述[J]. 计算机应用研究,1999,16(2) :19 ~ 21.
[2] 杨士元. 数字系统的故障诊断和可靠性设计[M]. 北京:清华大学出版社,2000.
[3] 杨龙祥,黄唯一. 数字电路板(DPCB)在线测试仪研制[J]. 微电子测试,1995,9(3) 25 ~ 31.

Study on Hybrid Circuit Fault Simulation

HUA Feng

(CAD Center ,Yancheng Institute of Technology ,Jiangsu Yancheng 224003 ,China)

Abstract :In this article ,we introduce a technology about hybrid circuit fault simulation. We emphasize how to create the primary response and how to guarantee its validity. Meanwhile ,we introduce how to handle analog signals in fault diagnose software. In this article ,we use a test model to describe this method in detail.

Keywords :fault diagnosis ; fault simulation ; primary response