

可达树分析法及其在测试中的应用*

曾成碧**

陈光禔

(四川大学电气信息学院 成都 610065)(电子科技大学 CAT室 成都 610054)

【摘要】 介绍了数字电路故障诊断的 Petri 网模型和 Petri 网的分析方法之一——可达树分析法。

该方法应适用于各种 Petri 网,但由于状态空间的复杂,其限适用于较小 Petri 网。并研究了可达树分析法在数字电路故障测试中的应用。

关键词 Petri 网; 可达树; 故障诊断; 数字电路

中图分类号 TN707

数字电路故障诊断的主要方法有布尔差分、D 算法、FAN 算法、专家系统法、神经元网络法等。由于测试在集成电路的设计与生产中占有不可缺少的重要地位,随着集成电路的迅速发展,人们不仅对已有的算法进一步地完善,而且提出了若干新的测试生成算法,如 BDD 测试生成算法、故障模拟算法、可测性设计等^[1]。本文介绍了一种新的数字电路故障诊断方法——Petri 网的可达树分析法及其在数字电路故障诊断中的应用。Petri 网是异步并发系统建模与分析的有力工具,利用 Petri 网进行系统建模,不仅有图形的直观性和结构的层次性,而且还有完整的理论方法支持系统的性能分析和品质分析。

1 可达树分析法

1962 年 Carl Adam Petri 提出 Petri 网以来, Petri 网在理论和应用方面得到广泛的研究, Petri 网是一种图形和数学模型工具,尤其适用于异步并行系统,如计算机系统,同样适用于数字电路的故障诊断^[2,3]。一个给定 Petri 网 $PN=(P, T; F, A, X, W, K, M_0)$, 其中 P 是位置的有限集合, $P=[p_1, p_2, \dots, p_n]$, $n=P>0$; T 是变迁的有限集合, $T=[t_1, t_2, \dots, t_m]$, $m=|T|>0$; A 是非空有限基本颜色集合; X 是颜色函数, X 对于每一位置给予了一组可能的标记颜色,任一变迁的颜色函数是一组可能的变量基色代换; W 是网中每一个弧所关联的重量函数,每一个弧的重量描述了它每次所标记个数; K 是位置的容量函数; M_0 是初始标识函数。变迁 t 在标识 M 下能发生,当且仅当存在 $\sigma \in X(t)$ 满足: 1) $p \in I W(p, t) \leq M(p)$; 2) $p \in T W(p, t) + M(p) \leq K(p)$ 。

一个给定 Petri 网 (N, M_0) , 初始标识 M_0 , 当变迁一次,就能得到一个标识,得到一系列标识后,就产生了标识树,节点代表从 M_0 (树根)和树支的标识,每一连线代表变迁一次。若 Petri 网无界,此标识树将发展到无穷大,为了保证树有界,引入特殊符号 ω , 对任一整数 n , 有 $\omega > n$, $\omega \pm n = \omega$ 和 $\omega \geq \omega$ 。

Petri 网 (N, M_0) 的可达树由如下算法产生:

Step1 标出初始标识 M_0 作为树根并标注 new。

Step2 对 new 标识完成如下步骤:

Step2.1 选新标识 M ;

Step2.2 若 M 与从树根到 M 途中的标识相同,标注 M 为 old, 寻找另一新标识;

Step2.3 若 M 不能点火变迁,标注 M 为 dead-end;

Step2.4 若 M 能点火变迁, M 的每次变迁 t 做如下步骤:

Step2.4.1 M 的变迁 t 点火得到标识 M' ;

1998 年 11 月 25 日收稿

* 国家“八五”重点科技攻关项目

** 女 28 岁 博士 讲师

Step2.4.2 从树根到 M 途中, 若存在标识 M'' , 则每一位置 p 有: $M'(p)M''(p) M' \neq M''$, 即 M'' 可覆盖, 然后每一 p 由 ω 代替 $M'(p)$, 则 $M'(p) > M''(p)$;

Step2.4.3 引入 M' 作为节点, 从 M 到 M' 画连线, 其上标 t , 标注 M' 为 new。

2 基本逻辑电路的 Petri 网模型

为了诊断逻辑电路故障, 逻辑门电路的每一输入和输出信号由 Petri 网的位置 (p) 表示, 而每一个门由 Petri 网中的变迁 (t) 表示^[4]。 D_m 圆圈模拟故障位置, 其故障类型为 s-a-1 或 s-a-0。

定义 1 在 PN 图中 M 作如下规定:

- 1) 如 $M(p) = \emptyset$, ($p \in P$), M 称为空标记, 相应的圆圈为空;
- 2) 如 $M(p) = +1$, 相应的中加 “•”, 如 $M(p) = 0$, 相应的圆圈中加 “0.”;
- 3) 如 $p = D_m$, 在 D_m 圆圈中画: “x” (x 代表 s-a-1 或 s-a-0, \bar{x} 表示与故障相反的值)。也就是说每一位置的基色有两种, 要么为 0 (位置圆圈标记为 0.), 要么为 1。

对故障节点任选取一条使主输出的逻辑变化能反应该节点逻辑变化的敏化通路, 然后由故障传播和通路敏化的条件, 即故障若能传播到主输出端。根据通路敏化规则, 通道内一切与门和与非门的其余输入端均应赋值 1; 而一切或门和或非门的其余输入端均应赋予 0 值, 为了检查测试的相容性, 从故障点前向传播到主输出端, 称为前向 Petri 网。故障诊断必须反方向跟踪到输入端, 称为反向 Petri 网, 在反向 Petri 网中, 故障点取其相反值。

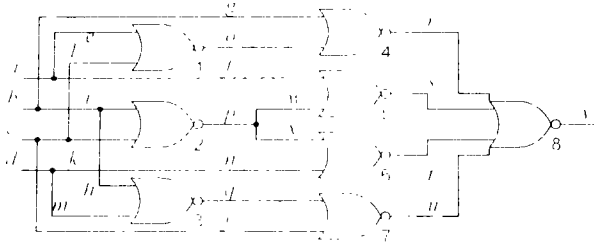


图 1 Schneider 电路及故障 p : s-a-0

3 可达树在测试中的应用分析

下面以图 1 的 Schneider 电路为例说明典型的 p : s-a-0 的测试生成过程。电路对应的 Petri 网的前向网及其可达树, 如图 2 所示, 由通路敏化可得初始标识为

$$M_{f_0} = (0 \ 0 \ 0 \ \emptyset \ \emptyset \ 0 \ 0 \ \emptyset)$$

$D_m \quad f \quad n \quad s \quad t \quad r \quad u \quad v$

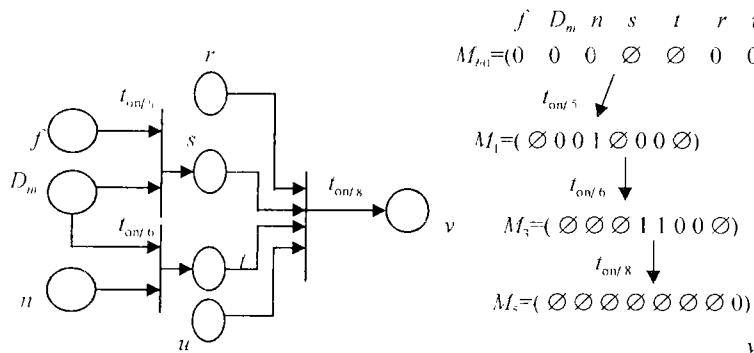


图 2 Schneider 电路及故障 p : s-a-0 对应的 Petri 网的前向网及可达树

由前向 Petri 网决定输出值, 则前向网的可达树得到故障传播到主输出端 $v=0$ 。电路对应的 Petri 网的反向网及其可达树如图 3 所示, 由通路敏化可知初始标识如下

$$M_{f_0} = (0 \ 0 \ 0 \ \emptyset \ \emptyset \ 0 \ 0 \ \emptyset) \quad r=0, u=0, f=0, n=0, D_m=1$$

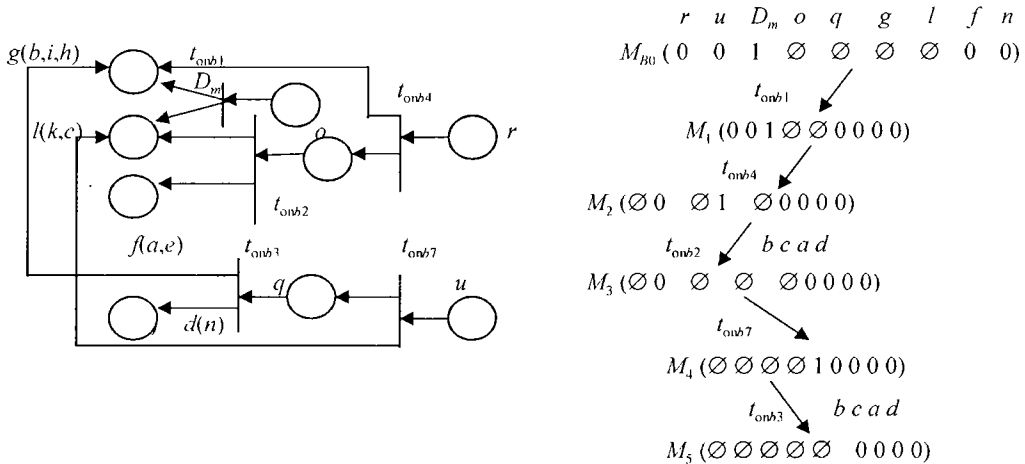


图 3 Schneider 电路及故障 p: s-a-0 对应的 Petri 网的反向网其可达树

由反向 Petri 网决定输入值, 则反向网的可达树得到测试输入矢量为 $X=(0\ 0\ 0\ 0)$, 所以由前向和反向的可达树知 Schneider 电路 p: s-a-0 故障的测试矢量为 $T=(0, 0, 0, 0; 0)$.

4 结束语

本文介绍了 Petri 网的可达树分析法、逻辑电路的 Petri 网模型和分析可达树分析法在数字电路故障诊断中的应用。由实例分析得出, Petri 网的可达树分析法是寻求测试生成方法之一。由于可达树分析法适用于较小 Petri 网, 所以可达树分析法应用于数字电路故障诊断时, 适用于门数较少的电路。若门数较多时, 有待于进一步研究, 比如: 矩阵状态方程分析法和分解分析法。

参 考 文 献

- 1 陈光祚, 张世算. 数据域测试及仪器. (第二版). 北京: 电子工业出版社, 1994
- 2 liu R, Huang H, Lin C, et al. Petri net application to functional fault diagnosis. in Proc 1986 IEEE int Symp Circuits Sys, San Jose Calif. 1986: 1 323~1 327
- 3 Tadao Murata. Petrinets: Properties, analysis and applications. .Proceedings of the IEEE,1989,77(4):541~580
- 4 Mohamed B E Abdelrazik. Behavioral description of VLSI circuits based on petri nets. int Proc, 1991 IEEE int Symp, Circuits, Singapore,1991:926~929

Reachability Tree Method and Its Application to Fault Diagnosis for Digital Circuits

Zeng Chengbi

(College of Electric and Information, SiChuan University Chengdu 610065)

Chen Guangju

(CAT Lab. Dept. of Automation, UEST of China Chengdu 610054)

Abstract In this paper, a fault pattern for digital circuits is presented via Petri nets .This paper introduces one of methods of analysis for Petri net the reachability tree method .It can be applied to all classes nets , but is limited to " small " nets due to the complexity of the state space explosion. This work find a reachability tree method is used to solve diagnosis fault of digital circuits.

Key words petri net; reachability tree; fault diagnosis; digital circuits