

电路可靠性分析

李天祥

(中国科学院长春光学精密机械研究所, 长春130022)

摘要 叙述了软件 Viable, 主要包括一体化设计环境、层次系统可靠性分析、先于设计过程中的可靠性精确分析等。

关键词: 可靠性; 平均无故障率

可靠性研究在工程实践中具有日益重要的地位。在航天或军工产品中, 可靠性研究更为重要。

可靠性这一术语, 可用于任何对象, 然而应用在每个领域(对象)中的术语, 或多或少有不同的含义。如: 系统可靠性往往要考虑到操作者的差错, 而元件的可靠性就不必考虑这个因素。同样, 系统和设备往往被认为是部件、元件或零件的配置。在需要做层次分配时, 可以使用若干个不同的层次, 例如: 系统、子系统、部件和元件。

当系统停止执行其预定的功能时, 谓之系统失效。当系统功能完全终止时, 如发动机停止运转、设备损坏、建筑物坍塌等, 此时, 系统显然是失效了。但是, 确切地说, 系统功能变坏或不稳定、放大器增益下降至规定值之下、输出漂移过量、机床生产的产品超差、建筑物倾斜等等, 都是一种失效的表现。

在工程技术发展的任何阶段, 往往必须在可靠性和性能之间做出权衡; 同样, 在可靠性和费用方面往往也必须做出权衡。图1表达了这种权衡的关系。

曲线 I 表示采购费用与可靠性的关系; 曲线 II 表示使用、维修费用和因偶然故障而停工的损失与可靠性的关系; 曲线 I + II 表示总费用与可靠性的关系。

在实际的工程项目中, 可靠性与方方面面都有关系, 本文着重介绍电子学设计的可靠性分析, 主要应用的软件为 Valid 中的 Viable。

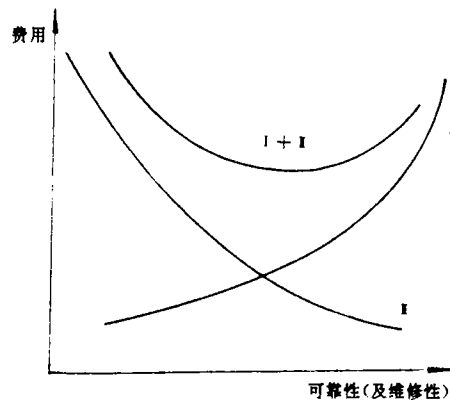


图1 可靠性与维修费和总费用示意图

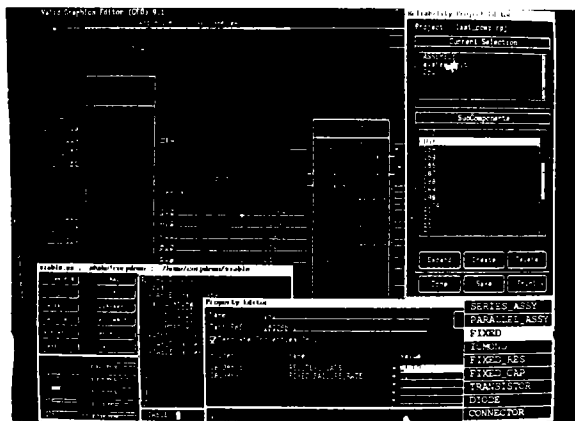
1 概 述

Viabile 是软件公司 Valid 的一体化的可靠性预测器。它提供前后设计分析,以预测元件、板级和系统级的设计可靠性。Viabile 根据 MIL—HDBK—217E(美国军标)和国际可靠性标准,提供快速、准确地可靠性预估。我们可以利用它的可靠性可编程的方程以及灵活的格式,将自己的知识融合进去,以修改计算方法。在很复杂的情况下,我们还可以用 Mission Profile 分析工具精确地预估系统的行为。Viabile 的界面友好,图形及文字报告兼备。

图2表达了 Viabile 在元件、子系统级的可靠性分析能力。

2 一体化设计环境

Viabile 一体化设计过程与当今其它的可靠性软件大不一样。Viabile 直接从 Valid 的数据库调用部件,无需接口或传输。运用 Valid Frame 的 EDA 框架的通讯能力,Viabile 可以用 Valid 的 CAE、Allegro 物理设计等形成一个一体化的设计环境。可靠性信息库为 Viabile 可靠性计算提供了一个综合性基础。



3 层次系统可靠性分析

电子系统可靠性分析经常需要分层设计方法的支撑。这些复杂的电子系统是由多功能级构成,这些系统的元件如何组装和工作,直接影响操作的成功与否。有时,装配由低级到高级,精确的可靠性分析就应当考虑到它的装配失效率。Viabile 允许设计者计算出整个系统从高层装配——低层部件——元件的可靠性。运用从 Valid GED 的原理图、布局布线图,以及 Valid 元件和可靠性数据库提取的信息,Viabile 可以提取部件和与可靠性设计有关的、全部元件的特征数据。单一的可靠性设计可以与原理图、布局布线图结合起来。对于特殊的系统元件,譬如:电源线、风机等,Viabile 的形式驱动操作,会帮助设计者手动地输入这些元件的可靠性信息和特征数据。在 Viabile 提供出整个系统可靠性数据的同时,也计算和分析出整个分层系统的可靠性。这就使用户能够识别临界的部分、元件、以及估价整个系统可能失效与否的概率。

图3,表达了可靠性设计软件 Viabile 可以从原理图中提取设计数据。

图2 Viabile 可进行系统可靠性预测,并能促进早期的元件、子系统等的性价比分析

4 先于设计过程的精确的可靠性分析

系统可靠性因素必须在设计过程之前就得到监视。Viable 提供平均无故障时间 (MTBF)和绝对失效数据。在布局布线之前有了这种数据,就可以决定是否改变设计。譬如:设计者可以决定是否改变几块电路板上的电子学布局,或将某些功能块从一块板上移到另一块板上,从而保证某些特殊局部装配的可靠性。

Viable 能让设计者权衡系统可靠性与费用的关系。用 Viable 的 MTBF 的最大值与失效率比较,可以确定个别部件的可靠性,设计者可斟酌是否改变原设计,采用元件应反复比较可靠性/价格。为了实现“性能可靠”,还必须考虑潜在的因素,灵敏度与热分析揭示了机械设计或布局布线设计中潜在因素的不利影响。

图4表达了可靠性分析过程集成。

Viable 也可以预估元器件布局后的可靠性,此时,当然带有散热器,甚至有冷风机、热传导和热辐射等装置。

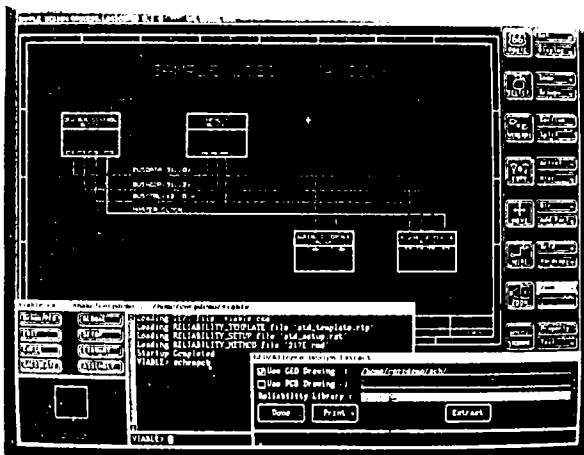


图3 Viable 可以从原理图中提取设计数据

5 可编程的用户程序

一种产品从概念设计到制造出来需经过很复杂的过程。前沿电子学系统往往与许多不同类型的部件联在一起,经常采用新的或专利的生产过程。而且,每种设计都有自身的特色。质量、价格,以及其它的因素,都应综合考虑。此外,设计中也应考虑应用诸如多芯片(MCM)等器件的工艺问题。某些特殊设计的可靠性分析,采用 Bellcore 标准比 MIL - HDBK - 217 更有效。基于此,用户可编程方法就显得很重要了。Viable 提供几个可靠性计算方法(美国和国际标准),这些方法用户都可以采用。它们包含了一个详细的程序、一个或多个方程,设计可靠性数据,以及元器件特征信息等。设计

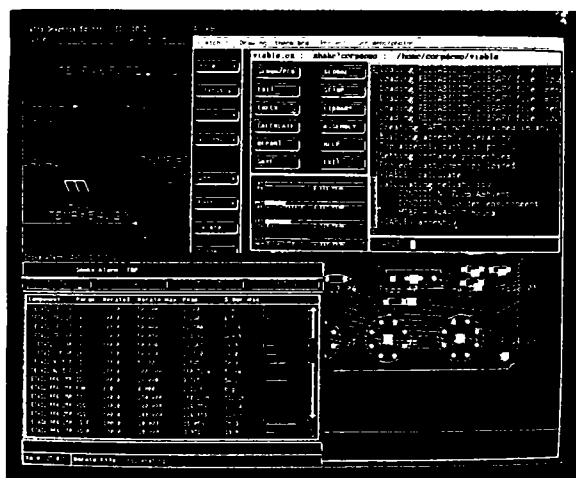


图4 可靠性分析过程集成示意图

者可以利用 Viable 的可编程用户程序,改变或增加一个计算方法,使其满足全部的可靠性要求。Viable 利用模板文件,定义一些值和特征,它们都与具体的部件、设计和条件有关。同样,设计者也可以定义和修改这些值或特征,或者生成新型器件。

用户可编程能力也能够扩展到 Viable 生成能力报告中。Viable 为用户提供可产生可靠性文件的能力,设计者可以又快又简单地修改文件的格式。

6 “功能模块描述”分析

一个电子学系统的正确评价,包含了对操作环境性能的分析。随着操作环境的改变, Viable 可以自动地生成“功能模块描述”分析(Mission Profile Analysis)的数据。利用预先确定的条件, Viable 可以计算、报告,图显出系统的可靠性及在每种条件下元件的失效率。综合地特征包括环境(大地、空气)和温度的可靠性分析,例如:地—地导弹从水下到大气层;又到外真空层,经历了三种环境。预评价这几种环境下的可靠性,对导弹发射的成功至关重要。

用这种分析方法产生的可靠性数据,可以是 Viable 报告,也可以是 ASCII 格式。

图5表达了“功能模块描述”分析,主要用于预测系统的动态行为。

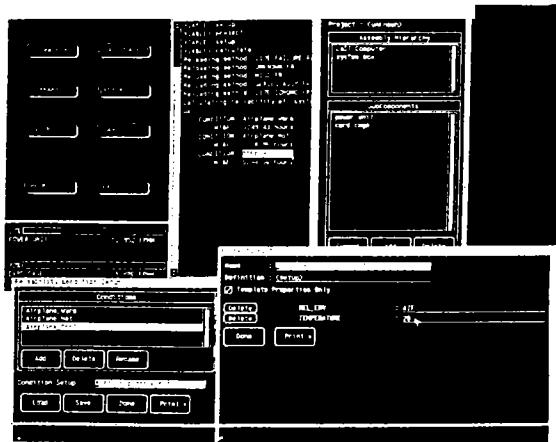


图5 “功能模块描述”分析

7 确保数据完整性

一套设备的可靠性预估,取决于它的工作电压、电流、功率、温度、运行周期和制造过程,而这个过程又包含了各种组件和其它另件的特征信息。建立可靠性模型可以保证最终导致正确的可靠性预估。

与 Valid 环境中电路设计和布局布线工具相类似, Viable 可以“存取”零件的失效率的特征信息。Viable 选取来自几个源的信息,包括片子的文件、物理元件表、原理图、布局布线图,以及自身的可靠性数据库。Viable 自动地生成可靠性数据库。

Viable 的自动特征检验程序,监视系统中的每个元件,以检验它们模板文件的特征。

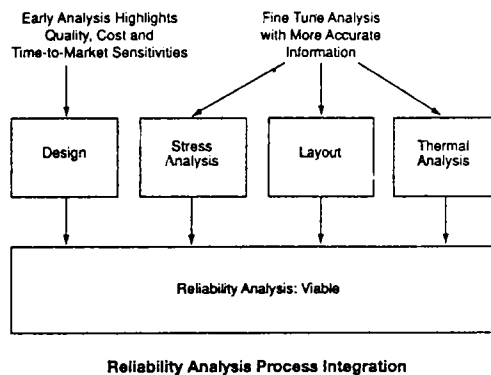


图6 Viable 提出各个源的数据示意图

在开发库文件、编辑项目时,设计者可以选择地执行这一程序。或者,换言之,系统检测程序可以在任何时间内产生一个重点的报告摘要(全部特征文件),当允许设计者使用 Viable 的可编程能力时,自动特征检验程序保证使可靠性数据,与可操作的可靠性分析方法的计算结果相一致。

图6,表达了 Viable 提取各个源的数据,为完成一个高水平的可靠性预估,应当提取电应力、热应力和环境应力。Viable 能将各个源信息,集中起来以改善设计,减少了冗长的信息收集手段。

8 可靠性设计工程师参与设计过程

目前的设计自动化利用一种称之为“Over the wall”的方法,探讨系统可靠性的预估。逻辑设计、物理封装、元件布局等通常在可靠性设计工程师的工作之前已经完成。在某些情况下,原型机在详细地可靠性分析之前已经装配完毕。可靠性设计工程师的工作,由于缺乏标准的转换工具/接口,和各个可靠性数据库,而变得难以进行。

Viable 是一整套“进行中”的分析工具的一个,它允许设计班组可以并行地进行电、热、以及测试分析等。Viable 与 Valid 的前后逻辑设计工具结合在一起,使可靠性设计工程师能先于整个设计过程,而成为设计组合中的一位“先进”的成员。Viable 采用一个共同的设计数据库和信息库,以确保可靠性数据的一体化。这是产品的可靠性、性价比、以及市场响应不可缺少的。

图7是可靠性分析可与实际的热模型数据一起精细地调整示意图

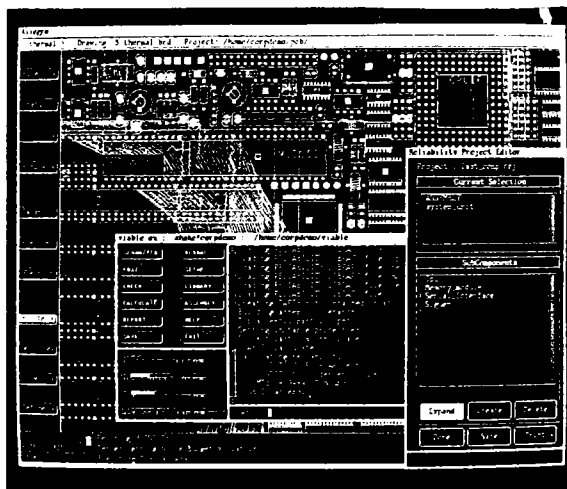


图7 可靠性分析可与实际的热模型数据一起精细地调整示意图

9 结 语

Viable 只是可靠性分析软件之一,主要解决 MTBF 等问题,显然不能解决可靠性设计的全部任务,譬如 FMECA(故障模式失效率分析)FTA(故障树分析)、SCA(潜在电路分析)等,将在以后的文章中逐一介绍。

参 考 文 献

- [1] E.E.Lewis,实用可靠性工程. 美国:航空工业出版社,1991
- [2] 高木升,可靠性技术—设计、制造和使用. 日本:国防工业出版社,1980
- [3] 美国:Valid Viable in-process reliability analysis. Santa Clara 1994,12

Conciseness of Reliability Analysis

Li Tianxiang

*(Changchun Institute of Optics and Fine Mechanics,
Chinese Academy of Sciences, Changchun 130022)*

Abstract

This paper describes the software Viable. It includes mainly integrated design process environment、hierarchical system reliability analysis、accurate reliability analysis early in the process, etc.

Key words: Reliability, MTBF (Mean-Time-Between-Failure)