

数字集成电路测试系统的分析与应用探究

王晓斌 高爽 熊丽萍

(东莞职业技术学院, 广东 东莞 523808)

摘要: 数字集成电路测试技术被应用到各个领域。本文从基本结构入手, 分析数字集成电路测试系统的构成部分, 阐述电流的功能参数测试、直流参数测试、交流参数测试等数字集成电路测试技术的主要方法。然后, 以半导体系统领域为例, 研究数字集成电路测试技术的主要应用, 阐述未来数字集成电路测试系统的推广。

关键词: 数字集成电路、测试系统; 基本构成; 参数测试

面对数字化时代带来的挑战, 集成电路测试系统开始走上创新发展的道路, 为各领域工作实施提供了重要条件, 在集成电路领域占据着支柱性地位。再加上近年来信息化技术的发展, 时刻推动着数字集成电路测试系统进步, 既能够有效降低生产成本, 还能保证产品的制造质量。在数字化技术的支持下, 各个生产环节能够实现高效的自动化管控, 满足了日益扩大的生产需求。同时, 数字集成电路不断向微小化方向演进, 出现了诸多精细化的电子器件。从整体上看, 在设计和制造集成电路中, 数字集成电路占据着核心地位。

一、数字集成电路测试系统的基本结构

基于自动控制电子计算机技术、数字信息化技术、电子测试技术的支持, 形成了综合性的技术成果, 也就是数字集成电路测试系统。凭借以上多项技术的支持, 数字集成电路测试系统具有多方面的应用优势, 如多功能、高速度、多参数、高精度等, 因此得到大范围推广。从主要目的看, 数字集成电路测试系统重在模拟电路所处的工作情况、环境, 针对性地启动相关测试程序, 精准地测试实际电路情况, 能够快速得到准确的测试结果。通过分析系统提供的多方面测试结果, 可分析被测试电路的各项功能参数, 判定其能否达到实际标准。伴随电路设计、制造技术的发展, 数字集成电路测试系统的功能不断增强, 趋于完善化。

(一) 测试计算机子系统

测试计算机子系统是面向计算机具有的处理能力、处理设备, 能够自动化地完成功能检测。同时, 参与系统检测工作的还有诸多模块, 如供电电源、图形发生器、主存储器等。其中, 供电电源可提供可控制的电流, 为测试器运行提供电能输出, 避免被测器件出现电流冲击。图形发生器主要是通过进入运行状态, 控制测试图形的产生。存储器能够与测试计算机建立起联系, 将获取的测试数据存储起来。系统控制器则凭借高速处理的优势, 利用总线结构控制测试系统实施功能。而计算机子系统起到连接各个数据接口的作用, 保证测试命令、数据信息的互通。

(二) 测试、测量子系统

测试、测量子系统主要有测量系统、测量夹具、引脚接口等元器件组成。测试夹具起到控制通信信号干扰的作用, 必须要以匹配被测器件为前提, 通过连接指定输入、输出位置和被测器件的引脚实现功能。而引脚则是具备通用测试能力的硬件器件。

二、数字集成电路测试技术的方法研究

(一) 电路的功能测试

从数字电路测试的目的看, 最主要的是实现功能测试, 要负责测试电路设备实际需求与测试电路功能是否匹配。首先, 在设备电路的输入端, 将测试图像输入, 然后观察设备电路的不同环节, 检查是否会出现对应性的信号反应, 并记录输出信号。接下

来, 可也对照预期产品信号与输出信号, 判断二者是否存在区别, 为电路功能测试提供参考数据支持。一般情况下, 在判断设备电路功能是否处在正常状态时, 需要利用功能测试的图像测试技术, 这也是重要判断依据。在完成图像测试后, 若发现其中存在反应异常, 可精准地判断和查找电路产品的问题。在此基础上, 相关工作人员可结合实际情况开展分析判断工作, 既能够降低测试成本, 又能大幅提升测试效率。同时, 在测试数字集成电路质量方面, 矢量测试发挥着重要作用, 主要是由于其具备较高的测试精准度, 能够直接地反映设备电路的质量不足。在矢量测试中, 主要划分为以下两个方面, 一则是按照时序电路进行矢量测试, 另一则是按照组合电路进行矢量测试。在基于时序电路的矢量测试中, 相关人员可采用数学模型, 组建一组描述时序电路的方程, 再通过求解布尔差分函数、代数函数, 以解方程或方程组的方式得出测试矢量。在基于组合电路的矢量测试中, 可综合采用多种测试方法, 如随机抽取法、穷举法、图像法、代数法等。在具体的设备测试中, 在明确测试目的后, 可构建测试电路的测试模型, 科学地采用测试方法, 通过协同工作、相互配合, 得出高效而科学的测试结果。在电路功能测试中, 往往需要测试图形具有某方面的功能。首先, 要想全面、有效地发现故障, 必须要确保测试图形具有较强的故障覆盖率; 其次, 为保证测试结果不偏离真实值, 要合理安排测试图形的测试时间, 否则容易因时间过长导致工作人员的注意力下降。由此, 功能测试的关键在于保证测试结果的精准性, 要求设定有效的测试指标、合理的测试方法。

(二) 直流参数测试

在直流参数测试中, 最常见的是电平转化测试法、漏电测试法。两者对比而言, 前者具有更强的针对性。从测试部位看, 电平转化测试法主要面向的是设备电路的特定部位, 这一部位往往即将失去原本作用; 从测试内容看, 这一测试方法重在检测临界值电压。在直流参数测试中常用的两种测试方法是漏电测试法和电平转化测试法。对于漏电测试法, 其拥有广泛的应用范围, 对于电路设备中存在的漏电问题, 此方法能够精准识别出来。在具体应用数字集成电路的过程中, 受到本身的物理特性影响, 电路设备难免会出现元器件损耗、老化问题。主要是由于数字集成电路设备的应用, 存在较高的应用需求、应用频率, 这就需要保持电源持续供应。由此, 若设计和使用数字集成电路设备的绝缘层体, 应用中会消耗绝缘体的厚度, 伴随物理层厚度出现变化, 设备电路也会因长期使用出现磨损、绝缘体破裂、老化等现象。在使用数字集成电路的过程中, 往往需要注意不同程度上的漏电风险。通过使用漏电测试, 能够精准地识别、发现设备电路的漏电部位, 使其处在被监测状态, 便于相关工作人员及时完善、修补, 降低设备电路出现漏电风险, 延长设备电路的使用期限。以上两种直流参数测试方法, 都具备较强的应用效果。此外, 接触设备测试

方法也属于常用的直流参数测试方法。

(三) 交流参数测试法

尽管与直流参数测试法不同,但交流参数测试法可以与直流参数测试法一同使用。在运用直流参数测试法,检验设备电路后,需引入交流参数测试法。通过采用交流参数测试法,可从系统技术性角度准确分析数字集成电路,体现出数字集成电路的实际工作情况。在运用这一参数测试法时,需要运用专业化、标准化的检测设备,在检测前需要合理推断检测顺序关系、检测时间节点,而不是直接检测设备电路的全部测试项目。在检测工作完成后,就可直接按照要求检修和测试设备电路,验证数字集成电路设备是否处于稳定运行、正常运行状态。此外,在常见的交流参数测试法中,主要有时间测试法、建立时间测试法、延时测试法等,要想发挥交流参数测试法的优势,必须结合实际情况采用测试方法。

三、数字集成电路系统测试技术的应用

在数字集成电路系统中,基本的逻辑电路是门电路。基于门电路,可采用多种组合方式,构建功能多样的逻辑电路。所以,门电路拥有普遍应用范围。通过促进数字集成电路系统与测试技术的融合,能够形成良性循环的发展模式,不断增强系统和技术的应用价值。当前,测试技术不断地向前发展,在具体应用层面,只有紧跟时代发展步伐,不断创新技术应用形式,才能全面发挥其功能和作用。所以在研究理论基础同时,要加大数字集成电路测试系统技术推广和应用力度,通过加强实践验证理论。在半导体自动测试领域,出现了应用广泛测试系统,这一系统具有混合、模拟信号特点,还具有 VLSI 器件测试、储存的功能,在成本控制上表现优秀,性能也能达到较高水平。在操作软件上,主要依托 Windows 操作平台,具有友好、简单的人机操作界面。在板卡硬件架构方面,十分易于维护。在接入 MSO 后,能够满足 SOC 相关的测试需求,具有显著的测试性价比。

四、数字集成电路系统中老化测试技术及应用

(一) 老化测试技术

1. 预测技术

从基本概念看,预测技术主要在检测前使用,需要根据信号变化情况,预测和评估电路老化情况。在限定范围的情况下,若能接受信号,可初步判断电路存在老化情况。通过使用这一技术,既能够保证电路检查的精准性,又能发现电路老化程度,并采用针对性的方法优化电路性能,避免后续因此带来损失。比如,对老旧小区或居民楼,若存在老化情况,人们很难凭借肉眼直观判断,再加上家用电器较多、功耗大,如洗衣机、冰箱、电磁炉、电烤箱等,部分人缺乏出门断电的习惯,尽管人不在家中,电器仍处于持续工作状态,这就会给家庭安全带来隐患。若出现火灾,甚至会给整栋楼的住户带来巨大损失。同时,若处于熟睡状态,人们很难敏锐洞察家中危险,容易因此威胁生命安全。

2. 检测技术

检测技术主要是检测电路的时序,要综合运用对比采样输出值、整合逻辑电路的方法,检测和分析电路是否出现老化情况。在现实生活中,人们会使用多重感官去分析电路情况,通过观看绝缘皮裂痕情况、硬化程度、是否存在裂痕;在通电情况下,人们会闻是否存在烧糊气味,若存在强烈气味,则需关闭电源,也在找到并排除焦味源头后进行使用;使用电压检测的方式,分析电路两端电压是否处在正常范围。在具体的检测中,部分检测方法不具备较高的精度,只支持简单地测量,很难发现具有细节性特征的电路老化。

(二) 数字集成电路老化测试结构设计

1. 构建老化失效预测框架

构建老化失效预测结构,主要是为了实时监测电路的状态,及时捕捉电路信息变化状况,在获取相关信息后,相关人员可根据系统提示,掌握线路老化情况和具体程度,并根据电路布置进行排查,为解决问题提供保障。在框架构建上,主要从监控设备布置、警报设备布置入手。通过发挥预测技术优势,可检验相关信号,分析是否存在跳变现象,而以上两种设备相互关联,警报装置将实时接受监控设备的反馈,跳变情况会反馈给警报装置,进而触动警报信息,为相关人员接收信息、解决问题提供基础。

2. 稳定校验的电路结构

在判断、校验电路结构是否稳定时,需要使用稳定校验器,以及延迟单元、锁存器等。稳定校验器,主要功能是负责信号采集,延迟单元、锁存器分别负责延时信号生产、信息存储的功能。基于时钟信号的获取,会以反向输出的方式反馈始终信号,经过所需的延时条件,定位需要检测的部分,再进行电路老化判断,但该结构监测窗口具有极强变化性,再加上成本问题,尚未得到广泛应用。

五、数字集成电路系统测试技术的推广

数字集成电路测试技术的应用,会影响测试系统结构应用、测试功能效果。所以,为有效应用数字集成电路测试技术,应根据实际情况研究测试技术,不断提升测试技术水平。数字集成电路系统的分析、测试涉及各个方面、诸多工序,要根据不同测试工序特征,研发测试技术。在不同测试系统中,系统往往拥有一定特殊性。所以,在研发不同系统的配置时,应关注被测系统的差异,最大限度地发挥测试系统的优势。对于不同测试系统,每个系统都具有相应的特点,因此,各个系统在研发和配置环节存在一定的差异性,以便将各个测试系统自身的优势充分发挥出来。同时,在实施数字集成电路测试时,相关测试人员需要构建起完善的测试体系,不断地根据测试逻辑结构优化测试体系,提高测试工作的有效性。基于测试技术体系的建立,能够不断提升测试系统的可操作性,保证测试系统的实际效果。在信息化、数字化的时代,数字集成电路的设计方式不断优化,集成度得到了提升,逐渐向着混合型方向发展。因此,相关部门在加强技术研究的同时,应大力分析、引入国内外先进测试技术,研发出更多具有较强实用性的技术产品。伴随数字集成电路测试技术的发展,电子技术应用程度、应用水平不断提高,促进电子产品进步。

六、结语

综上所述,现代化工业生产离不开数字集成电路技术。数字集成电路测试技术影响着工业生产水平。通过加强数字集成电路测试技术,能够优化和改进数字集成电路应用效果。通过大幅运用常用的测试技术,能够不断提高测试的精准性、可靠性,强化数字集成电路的应用效果。因此,在未来数字集成电路技术的发展中,需要不断分析常用测试技术、研究新型测试技术,促进数字集成电路设计与制造,为提升数字集成电路系统应用效果提供保障。

参考文献:

[1] 郑宇,方岚,李苏苏,等.微处理器下的数字集成电路测试系统的设计[J].计算机测量与控制,2021,29(3):27-31.

注:本文基金资助东莞职业技术学院校企合作开展科研与服务资助项目(ZXF015);东莞市2020年科技特派员项目(20201800500422);东莞市2021年社会科技发展面上项目(20211800900592)。