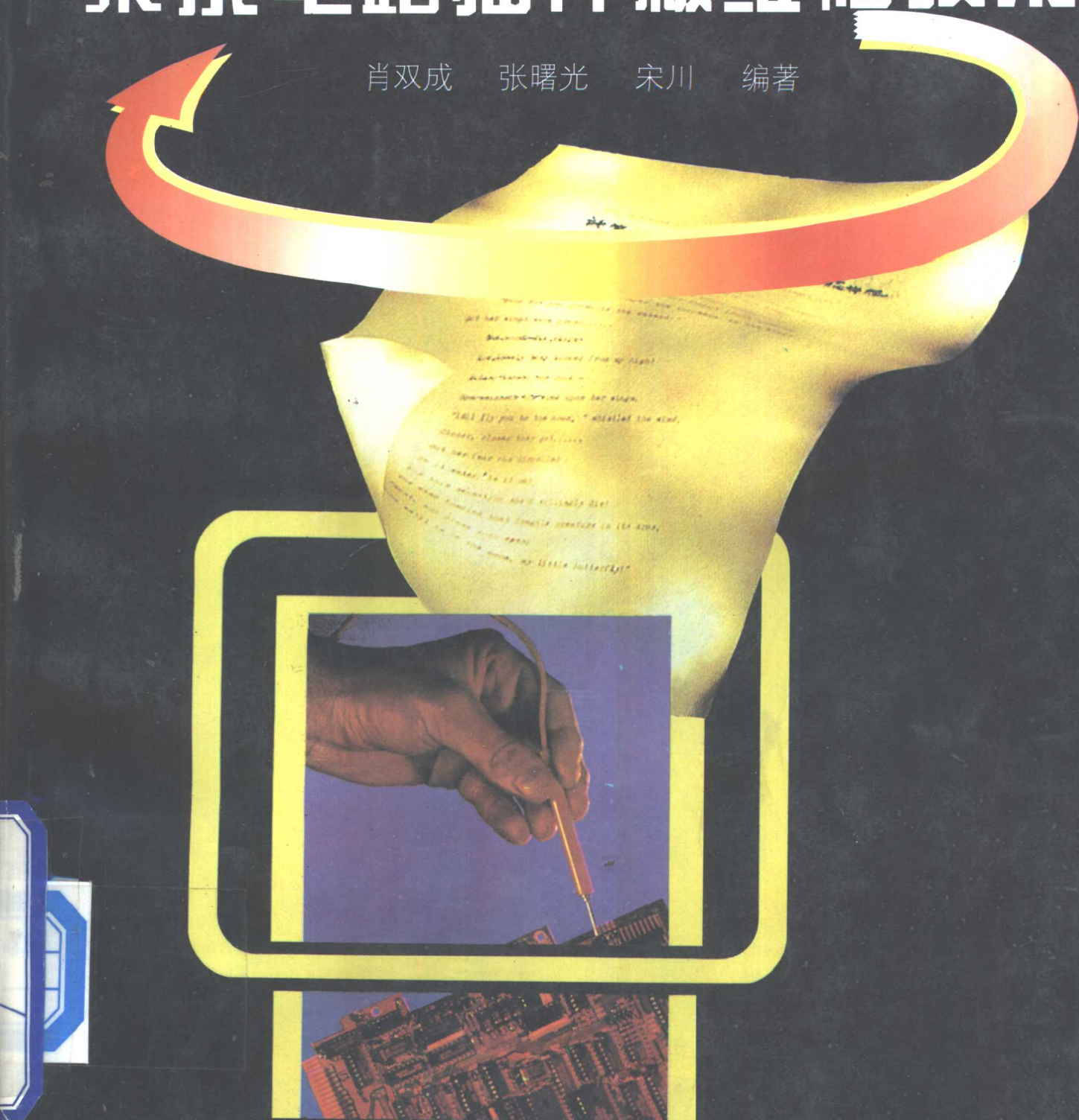


计算机与电子设备 集成电路插件板维修技术

肖双成 张曙光 宋川 编著



北京大学出版社

计算机与电子设备 集成电路插件板维修技术

肖双成 张曙光 宋 川 编著

北京大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

计算机与电子设备集成电路插件板维修技术/肖双成等编著. —北京:北京大学出版社, 1995. 9

ISBN 7-301-02917-9

I. 计… II. 肖… III. ①电子计算机-接插元件-维修②电子计算机-逻辑集成电路:印刷电路-接插元件-维修 IV. TP307

书 名: 计算机与电子设备集成电路插件板维修技术

著作责任者: 肖双成 张曙光 宋 川

责任编辑: 杨锡林

标准书号: ISBN 7-301-02917-9/TP·271

出版者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区中关村北京大学校内 100871

电 话: 出版部 2502015 发行部 2559712 编辑部 2502032

排 印 者: 北京飞达印刷厂印刷

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787×1092 毫米 16 开本 10.375 印张 260 千字

1995 年 9 月第一版 1995 年 9 月第一次印刷

定 价: 18.00 元

前 言

笔者从事电子设备维修工作多年,深感维修技术的重要性,同时也看到,国内很多单位因技术力量薄弱,无法对计算机和各种电子设备进行维护和维修,不但使工作受到严重影响,而且在经济上造成重大损失。因此曾多次想过能为举办电子设备电路板维修培训班写本书,笔者愿通过本书把从事多年维修工作的经验及所掌握的维修理论和实践知识,毫不保留地奉献给广大读者,能为社会做出一点贡献。

本书首先介绍维修集成电路板必须具备的常用集成电路基础和应用知识,然后讲述维修集成电路板的基本技巧,常用仪器仪表在维修中的应用,并以大量的实例介绍计算机集成电路板故障的诊断和检修经验。最后介绍利用最新技术设备——在线故障测试仪检修各种集成电路板的操作方法。

本书以帮助读者能够自行解决维修问题为目的,因此侧重于实用,在原理分析上只作定性介绍,重点放在了电路板的维修技术和技巧上。书中介绍了通用的维修技术,也讲述了现代新型的高科技维修方法。在线路分析上力求深入浅出,通俗易懂。为使读者查阅方便,本书收集了部分国外计算机电路板中常用的符号、名词含义及部分集成电路的厂家代号。本书立足于一般维修人员应具备的基础条件,考虑了高、中、低各层次人员的需要,注意了内容的先进性、完整性和系统性。书中列举了大量的维修实例,特别注重了实际维修经验与理论分析的结合。

本书可作为计算机和电子设备维修人员的技术培训教材和实用参考书,也可作为大中专、职业高中有关专业的教材。

本书承蒙李德毅导师、蒋晓源副总工程师、北京大学杨锡林老师的认真审阅,并提出了宝贵的指导和改进意见。在编写过程中始终受到罗光祥、张勇、赵光玉、侯金贵、许振华、肖翠云、马秋明等同志的关心和支持,在此,作者谨向他们表示衷心的感谢!

由于作者水平有限,书中一定会有许多不足之处,敬请读者批评指导。

编 者

1995年9月

目 录

第一章 概述	(1)
1.1 维修集成电路插件板的意义和作用	(1)
1.2 集成电路插件板的分类	(2)
1.3 集成电路插件板在维修中的测量问题	(2)
1.4 集成电路插件板测量的基本原理	(3)
1.5 集成电路插件板与分离电路板的区别	(9)
1.6 测量电路插件板的仪器选择	(10)
第二章 常用集成电路的基础知识	(13)
2.1 TTL 集成电路	(13)
2.2 ECL 集成电路	(20)
2.3 CMOS 集成电路	(25)
2.4 存储器集成电路	(34)
2.5 微处理器集成电路	(44)
2.6 光电耦合器件	(54)
2.7 各类集成电路的噪声与干扰	(56)
2.8 各类集成电路在使用中的相互连接	(59)
第三章 维修集成电路插件板的基本技巧	(64)
3.1 对维修人员素质的要求	(64)
3.2 准备工作与注意事项	(65)
3.3 检修电路板的一般顺序与基本规则	(68)
3.4 故障部位的分析判断方法	(69)
3.5 输入端置位隔离检测法	(72)
3.6 使能端锁定消除干扰法	(73)
3.7 使能校验法	(74)
3.8 逻辑分析决断法	(74)
3.9 非接触式检测法	(75)
3.10 统计优化法	(78)
第四章 通用仪器仪表在维修中的应用	(79)
4.1 万用表检查法	(79)
4.2 逻辑测试笔检查法	(81)
4.3 逻辑分析仪测试法	(83)
4.4 短路追踪仪测试法	(85)
4.5 示波器检测法	(90)
第五章 集成电路插件板故障的诊断与检修实例	(96)
5.1 微型计算机集成电路插件板的故障检修	(96)
5.2 显示器电路板故障的诊断与检修	(113)
5.3 打印机电路板故障的诊断与检修	(121)

第六章 利用在线故障测试仪检修电路板	(124)
6.1 TB4880 在线故障测试仪简介	(124)
6.2 TB4880 的安装与配置	(126)
6.3 在线功能测试技术	(128)
6.4 在线功能测试的操作方法	(135)
6.5 使用 VI 曲线测试电路板故障	(143)
6.6 电路跟踪器的使用	(147)
附录	(149)
附录 A 国外主要公司集成电路产品型号前缀	(149)
附录 B TTL 集成电路常用名词术语和参数解释	(149)
附录 C TTL 集成电路图形符号标准	(154)
附录 D ECL 集成电路图形符号标准	(158)
附录 E CMOS 集成电路图形符号标准	(159)

第一章 概 述

1.1 维修集成电路插件板的意义和作用

集成电路插件板维修技术的发展,对促进集成电路的进步和应用作出了巨大的贡献。为了确保集成电路在有效的寿命时间内发挥更大的作用,创造更大的价值,对集成电路插件板维修技术的研究和应用是十分重要的。

在一部由集成电路插件板组成的电设备的有效工作寿命内,要进行反复多次的电路插件板维修。一台设备在同一个人同一条件下的平均维修时间,和多次故障的平均间隔时间是衡量一台设备可靠性的重要标志。任何一种电设备,无论可靠系数如何高,在它执行任务的运行过程中,除人为发生的一些偶然故障外,常常也因为环境,如恶劣天气的影响,运行条件的突变以及器件电性能的老化等,产生故障而不能运行。特别是集成电路插件板式设备,往往是由数千个乃至上万个集成电路芯片组成,总的芯片出故障的频数构成了主机的故障频数,因此我们认为这些设备的故障率是很高的。所以对电路插件板维修技术的研究是保证设备能可靠执行任务和节省费用的重要课题。

图 1.1 显示的是电路插件板组成的一套计算机控制系统,历次出故障后不同的检修等级和费用的关系。

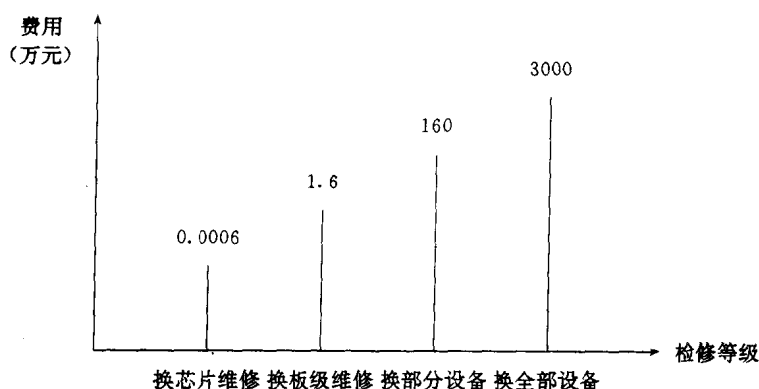


图1.1 不同的修理级别与时间费用比

从图中可以看出,设备一旦出现故障,要想重新恢复正常的运行,只有芯片级维修所花费的时间最短,经费最少。芯片级维修即电路插件板维修,一套数千万元的设备,只因一个数元或数十元的集成电路芯片损坏就会使整个设备瘫痪。电路插件板的维修技术就是研究怎样找出这个几元钱的芯片,恢复设备正常运行的技术。如果找不出这个芯片,那就只好换掉上万元的整块电路插件板,或上百万元的部分设备,或数千万元的整套设备。尤其是更换设备或整块插件板,还要向国外专门订货,不仅要花费大量外汇,还要耐心等待设备的到来,少则数月,多则年余,这样既花掉外汇又影响工作。在国内市场上单个集成电路芯片随时可买,通过更换损坏

的芯片,不仅可以节约大量经费,而且为创造更大经济效益赢得宝贵的时间。由此可见,集成电路插件板维修技术的发展与应用的意义是十分重大的。

1.2 集成电路插件板的分类

集成电路插件板的分类如下:

- (1) CPU 及其控制电路板
- (2) 存储器及其数据交换电路板
- (3) 驱动器及其信号处理放大电路板
- (4) 控制、存储信号处理混合电路板
- (5) 驱动、存储交换及信号处理混合电路板
- (6) CPU、存储器、驱动、处理信号等综合电路板

如按规模可分为:小规模、中规模、大规模集成电路插件板。

规模大小通常以单块板所含芯片的个数来划分。如表 1-1 所示:

表 1-1 集成电路插件板电路的规模

	小规模插件板	中规模插件板	大规模插件板
含普通芯片	5—20	20—100	100—300
含大规模芯片	0	3—5	6—20

如按结构可分为:电缆与插头座相互连接的(如目前的 PC 机底板和 4000 系列的小型机大底板以及一些 CT 板等)、板边镀金总线插头与主机相连接的(如 VAXII 系列、PDP 系列、PC 机扩展板等)以及单层、双面、多层、多面走线的印刷电路板。

1.3 集成电路插件板在维修中的测量问题

传统的维修技术常常以听、看、闻、查为维修基本功的四大要素,维修的水平高低仅取决于这四大要素的功底深浅。但是现在使用的设备越来越复杂,仅靠人类的感受器官已不能解决问题。因此人们创造了测量仪器,任何一种测量仪器,都是根据被测对象的原理而扩展人们的感受器官,来发现被维修对象不正常的原因。比如一台收音机的音量不够大,测出是因它的音频放大器中某一器件失效;如果是音色失真,测出是因它的某音频器件参数变化或某中频参数变化;一台电视机图像不稳,我们可能测量出其扫描电路的参数变化等等。总而言之,一台完整设备的故障,总是可以根据它某一功能的丢失或降低来测出它相应部位参数不正常的变化。一台计算机也可以因某一项功能、某一个指令不正常运行而归究于某一块电路插件板,但是一块电路插件板脱离了主机以后就无从论其功能。所以,用传统的办法来测量一个既无图纸又未能弄清原理的电路插件板是行不通的。

集成电路插件板中的某一个芯片失效,可能使得整块电路失去一切功能。要想将这块失效的芯片从电路板上数百个相互连接、错综复杂的元器件中找出来,必须要有一个全新的思路,设计一套特别的测量手段。这里先作一般介绍,在后面第三章中将详细叙述。

在集成电路插件板的测量中,无论采取何种手段,使用如何精密的仪器,都不可能指望一次就把所有的故障芯片全部找出来。所采用的手段和使用的仪器越接近电路插件板的实际情况,那么检修出故障芯片的几率就越高。这个关系可以用数学的方法来分析:若被测电路插件板中,无故障芯片为K,K可取0(全部芯片不合格)和1(全部芯片合格);测试的有效率为Y,Y可取0(测试不能检测出任何故障芯片)和1(所有故障的芯片都可检测出来)。那么,通过测试后仍没有查出的坏芯片占整个芯片的百分数为DL,由下式表示:

$$DL = [1 - K^{(1-Y)}] \times 100\%$$

按照这个公式,可看出图 1.2 所示的关系曲线,这个表达式所指出的关系是非常重要的,如果取 $K=0.25$, $Y=0$,那么就要考虑到还有 75% 的有故障芯片还存在于电路插件板中。如果要提高测量效率,比如取 $Y=0.9$,那么,大约只有 15% 的故障芯片可能没有查出来。如果测量的有效率 $Y=1$,那么,无论插件板中有多少个坏芯片都能一个不漏的检查出来。但是在实际的维修测量中,往往由于各种因素的影响而使测量的有效率达不到 100% 的程度,这就是电路插件板维修工作中的难点之一。一个合格的电路插件板维修工程师不能不懂测试,但也不能完全的依赖于测试,测量的手段只能是我们分析问题的依据,而真正解决问题还要综合考虑所维修的集成电路插件板的各种因素,并从一些具体的故障特征和具备的各种经验中寻求出路。

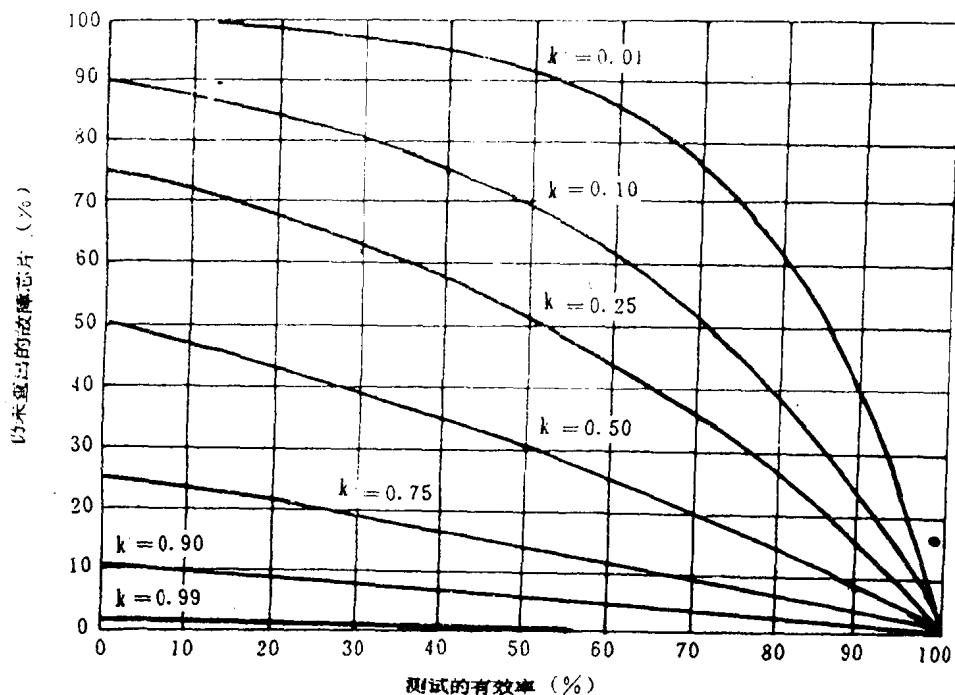


图 1.2 集成电路插件板的故障程度与被检测效率的关系

1.4 集成电路插件板测量的基本原理

集成电路插件板的测量最终归结为一个集成电路芯片的测量,当维修人员还不知道待修集成电路插件板的原理时,手中既无专门的分析仪器,也无任何参考的图纸及资料可以进行分

析,就只能依个人平时所积累的维修经验,抽测一些有关的集成电路芯片。在完全没有把握的时候,就必须逐个的进行测量。在线测量集成电路芯片的仪器有许多品种和类型,目前都趋于成熟的阶段,但都还不很完善,最典型的有创能 2040、4040、4880、超能 2040、4040、S1635、6700、5700、M9000……。这些仪器将在后面第六章中作专门介绍,这里只对一些基本的测量原理进行分析。

一、测试向量、测试图形和测试集

(1) 测试向量:这是指以并列方式施加于被测器件初始输入端的逻辑 0 和 1 信号的组合。比如有 8 个初始输入,它的一个测试向量可以是 01101110,一个测试向量就像一个计算机字一样。

(2) 测试图形:测试图形与测试向量一样,只是必须附加上该电路对输入测试向量的无故障输出的响应。如果该电路有 4 个初始输出,与上述输入测试向量相对应的预期输出,比如可以是 0001,那么该测试图形为 011011100001。

(3) 测试集:一个测试集是指一个测试向量的集合。一般地讲,一个测试集将确定被测电路是否有故障。一个测试集的大小取决于测试图形产生的算法,如表 1-2 所示。

表 1-2 8 输入、4 输出组合网络测试集举例

	测试向量								测试响应			
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	Y1	Y2	Y3	Y4
第一测试图形	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1
第二测试图形	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1
第三测试图形	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1

二、电路插件板中数字类集成电路芯片的测试

首先考虑如图 1.3 所示的测试,它是只包含组合逻辑的简单网络(没有锁存器或双稳电路)。n 个二进制输入,测量时需要 2 的 n 次方个测试向量,即 2 的 n 次方个输入测试集,其输出响应必须依 2 的 n 次方个输入向量逐个进行检测。若 n=20,则需要大约 100 万个测试向量,并需并行检测与该测试向量对应的 m 个输出响应。这实际上是一个由 100 万×(n+m) 个逻辑 0 和 1 组成的巨大真值表,相当于 100 万个字,每字长 n+m 位。此说法也有一定的局限性,在 CMOS(互补 MOS)的情况下,每个逻辑门都由 P 沟和 N 沟晶体管对组成,其开路故障是很难检测的,为了进行完全的测试,一般需要多于 2 的 n 次方个测试量。

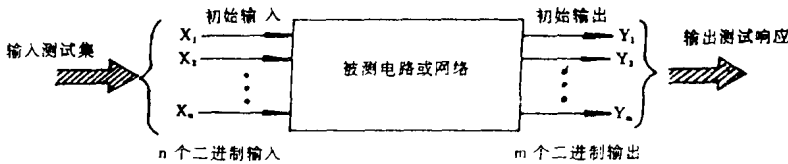


图 1.3 只包含逻辑门的简单组合电路测试

输出响应的检测有两种方法:一是如图 1.4 所示,将被测电路与一个已知的好电路进行

比较的办法,称比较法。这种方法一般用于比较简单的中小规模的电路插件板,对比较复杂的大规模电路,则采用如图 1.5 所示的方法。一般是在计算机的控制下,通过程序生成所需的测试集并存储于测试的高速缓冲存储器(称图形发生器),测试时随测试主频率逐个读出。将该测试集的测试向量部分施加于输入端,并以测试集的输出图形部分(称预期图形)为标准,逐拍与被测出的响应进行比较。由于这个方法涉及很大数量的测试数据的存储和读出,常称为存储法。实际上存储法也非常适用于时序电路。该方法的优点是可根据测试要求,在确保一定测试可接受的前提下,将一个很长的测试集进行压缩,或者设计一个较小的测试集,这不仅节省了存储容量,而且也加快了测试速度。

时序电路包含存储电路和双稳电路,它可以记忆目前的状态,并能够影响网络的下一个状态。包含有 s 个双稳电路的网络,为进行测试 2 的 s 次方个可能的状态组合。当 s 个电路组成一个单计数时, 2 的 s 次方算法是很好理解的,但作为更一般的情况,若 s 个电路在网络内分散成若干个较小的组或群时,就不如单计数器那样直观。实际上这时必须考虑逻辑单元之间的桥接故障,设想它们发生在两个或更多个群或组之间,显然,这时就需要全部可能状态组合了。

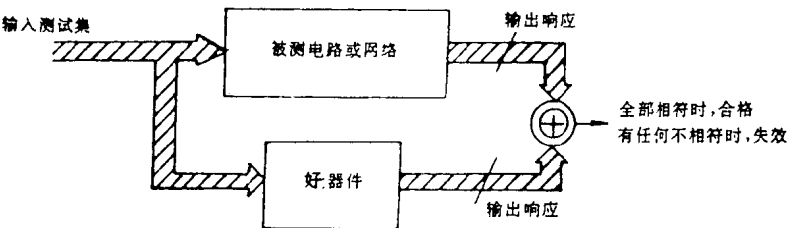


图 1.4 被测电路插件板与同型号的好板的比较

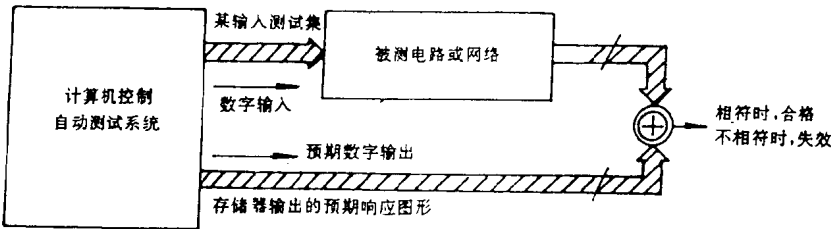


图 1.5 被测电路插件板期望输出波形的比较

工程运用电路不可能是纯组合的或纯时序的,如图 1.6 所示,由组合逻辑和双稳电路等时序逻辑混合构成。这种类型的电路除了少数情况,比如可测性设计的电路,它们可以在测试状态下将上述两种类型电路分开,一般必须做为一个整体进行测试。若该电路有 n 个初始输入和 s 个内部锁存器,应考虑到所有输入条件和内部存储的组合,需要 $n \times s$ 个输入测试向量,这是测试所必须的。按照这个算法,一个简单的 16 位累加器电路,理论上需要 2 的 35 次方,即 34、359、738、368 个输入测试向量,以尽量地列举该电路所有可能输入条件和检测内部存储状态。测试时,对每一个输入测量向量都要并行地检测该电路 16 个输出响应的正确性。对这样一个简单电路来说,测试图形是太长了,也太费时。

下面介绍一个常用的时序电路,可以用少于 2 的 s 次方个时钟周期(对应 2 的 s 次方个状态)就能进行有效测试,这就是移位寄存器电路,如图 1.7 所示。由于该电路在时钟脉冲作用下

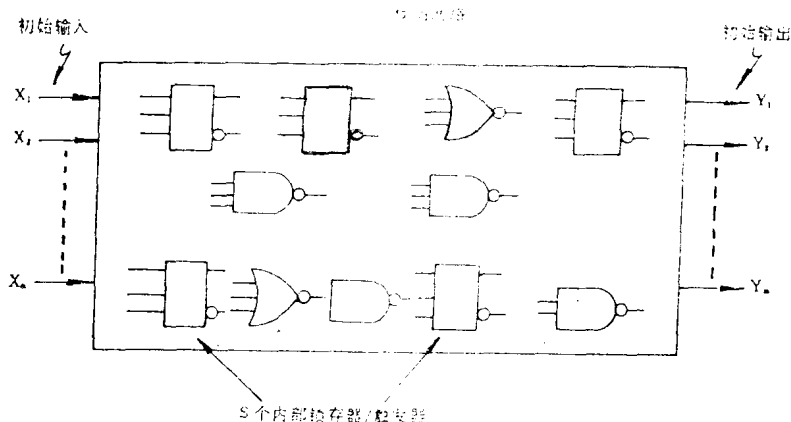


图 1.6 具有 s 个内部锁存器、触发器的插件板电路

总是将触发器的状态依次地传送到邻位，所以只需测试在移位寄存器内逻辑 0 和 1 能不能从头传到尾，以及对每个触发器而言，当其直接邻位总是处于与其相反的状态时，其逻辑 0 和 1 的状态能否稳定的保持。比如，可以选择下面推荐的测试次序：

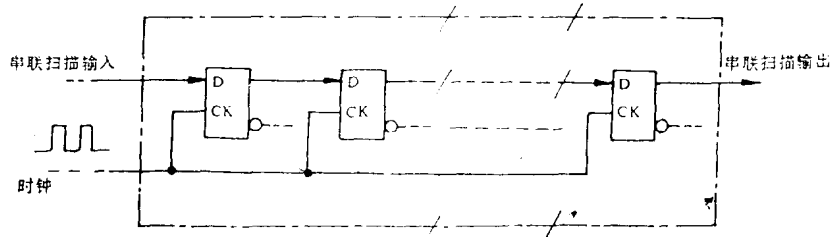


图 1.7 s 级移位寄存器电路

首先将其置全“0”，此后用 $s+1$ 个时钟脉冲移位一个逻辑 1，这就保证了能在“0”域内移位“1”。

将其量置为全“1”，使其正确地移位逻辑 0，这就确保了“1”域内逻辑 0 的移位。

移位一个 00110011……图形，以试验每一级移位自己状态和直接邻位状态剩余组合能力。可以用比 2^s 的 s 次方少得多的时钟脉冲测试移位寄存器，该特性被广泛用于易测和可测性设计的集成电路插件板设计中。

三、电路插件板中模拟电路的测试

数字集成电路测试是由故障模型驱动的，而模拟集成电路测试则基本上是规范驱动的，这是两种电路测试方法上的重要区别。

在数字集成电路中，测试方法是基于故障模型，最简单的是固定“0”和“1”故障，其失效机理是一个电路的端点固定为逻辑 0 和逻辑 1。根据这个故障假设，通过模拟产生测试输入向量集和输出响应向量集，并给出故障覆盖率，如果一个测试向量集能判断故障电路的模拟输出与无故障电路的输出不同，则认为该测试向量集能检测该故障。当然它同样可用于可测性分析。特别是为了达到一定的故障覆盖率所需测试向量集很长时，可在正式维修前重新进行检查，这样即可以减少测试集长度，又能保证判决故障覆盖的范围。总而言之，数字集成电路板的测试

是一个正在开发接近成熟的领域,模拟集成电路尚没有被普遍接受的故障模型。因此到目前为止,模拟集成电路的测试仍是规范驱动测试,即测试依据是电路规范。以运算放大器为例,如其主要的规范是:

DC 增益 $\geq 80\text{db}$

4KHz 的总谐波失真 $\leq 0.002\%$

1MHz 的总谐波失真 $\leq 0.1\%$

建立时间 $\leq 200\text{ns}$

功耗 $\leq 3\text{mw}$

最一般的方法就是按上述规范进行测试,但在测量中经常遇到一些技术性问题,比如探头或测量探针等的寄生参数影响动态参数测试,所以常常只选择直流电压和电流进行测量,为了使只选择直流参数测试的方法有更好的效果,我们提出了确定性规范方法,即统计优化技术,其基本点是优化测试容限的分配。

对规范应有一个什么样的认识?根本问题是弄清这些规范是必要的,还是充分的。对模拟集成电路,规范所规定的行为是一个完整的范围。比如输入信息范围、频率范围等。但测试时一般只选择一个子集。依以前所叙的放大器为例,可以提出一系列的问题。比如:

- (1) 为了测量电路的总谐波失真,仅选择 4KHz 和 1MHz 进行测量,看其是否足够充分。
- (2) 用阶跃输入响应来测量电路的建立时间能否正确的表征其响应特性。
- (3) 当电路工作电压或环境温度发生现场变化时,能否确保正常工作。

结论很可能是相反的,即不一定全部规范都是必要的。进行这样的探索是重要的,因为复杂的测量需要数据采集系统。一般地说,对上述问题的确切回答,还有一定的困难,其原因之一就是集成电路插件板中的模拟电路的故障确定与其相关联的其他电路有紧密的关系,而其他的电路的状态及有关的参数情况也是要多种手段进行测量才能最后确定。基于此,有的专家明确指出,规范仅是电路插件板维修的最基本参考依据,而不能做为判决的唯一标准。

四、对数模混合的集成电路插件板的测量

电子技术的发展使 CMOS 和双极性晶体管、TTL、ECL 这些不同工艺的电路可以同时做在一块电路插件板上,即在一块板上既可设计数字电路,也可设计模拟电路,这样就出现了数模混合信号集成电路。应用范围很广的图形板和通信板,都将模数转换(ADC)和数模转换(DAC)做在同一块板上。目前数模混合信号集成电路的数量比专用集成电路多三分之一,而且质量也越来越高,性能参数也越来越完善,但这种电路经常给维修中的测量带来很大的困难。

维修中的测试技术必须跟上发展的要求,数模混合信号测试的要点有三点:

- (1) 模拟电路故障的定义。
- (2) 模拟和数字混合电路板、模拟电路的选择。
- (3) 测量激励的生成。

全自动测试的要害就是有没有关于模拟电路故障的明确定义,这是与数字电路和系统的最重要区别。在数字电路中,故障已被明确的定义,已有一些通用的方法产生测试激励,它可将已定义的故障激励到输出端。对模拟电路,则可以提出一连串的问题:模拟电路故障是什么?如果说它的参数超出规范导致器件性能变坏,那么超出多少是允许的呢?作为故障,其性能变坏

的依据是什么?如果它发生了故障,它的效应是否必须在初始模拟输出端或者在初始数字输出端检测到;面对现实,则要求在模拟电路的测试中,对失效/不失效的判断过程进行适当调整。道理很简单,一个测量值的集合必须用于有效地验证一个工作元器件,而元器件的值又依赖于允许的误差,如果考虑到电路有闭环反馈通路或者根本就没有确定的输入和输出端时,就更增加了故障模型的难度。另外,数字电路的测试中,固定故障是被作为引起故障的原因,并在维修和测试工程师之中已取得了共识,但这个观点对于脱离了主机又不知输入信号的故障插件板的测量和诊断就成了问题。目前,问题的最终解决还是要靠 ICFT 专用工具,利用它可以进行分析和作出失效/不失效的判断,收集有关数据,并用于支持随后的测试过程,提高自动化程度,是减少人为误差的好办法。

其次,就是如何在混合电路中选择出其中的模拟电路。

最简单的办法是通过数字和模拟电路的接口,但测试这些接口本身就是一个问题,根本的办法是依靠对多次成功与失败的经验教训的仔细推敲。这与维修和测量其他的数字电路完全一样。

现在有一个新的标准 IEEE 边界扫描方法,它完全适用于混合信号的电路插件板维修,只是由于模拟总线尚未正式定义,所以使标准内还未包括模拟电路部分。

最后,讲讲混合信号在测试中的激励生成问题,这包括电路的数字部分、模拟部分和两者之间的接口。与数字电路一样,需寻找从哪个控制点将故障信号在一些路径内传输,并最后送至可观测的端点。在这种情况下,传输的是信号,因此传输路径中的模拟文件必须定义它的大小、频带、噪声、线性程度等。在混合信号测试中还需要增益/带宽等数据,这与数字电路中的优化状态是相当的。虽然激励生成中增加了很多的特殊参数和要求,这使得问题复杂和难以解决,但基本思路仍是路径优化。对于如何实现激励生成,已经提出了一些办法,但最普遍看好的是混合方式模拟。

混合方式模拟的方法基于两个模拟器,一个叫电路模拟器,另一个叫开关模拟器。如图 1.8 所示,混合方式模拟器结构是基于同一计算环境的两个混合成的模拟器。电路模拟器用于模拟电路板中的模拟部分;而开关模拟器则用于电路中数字部分的模拟。数字部分稳态输入/输出行为可通过开关模拟器进行验证,而其动态特性则使用电路模拟器模拟。使特殊设立的混合方式模拟器各有自己的驱动器,以控制两部分之间的信号传送。

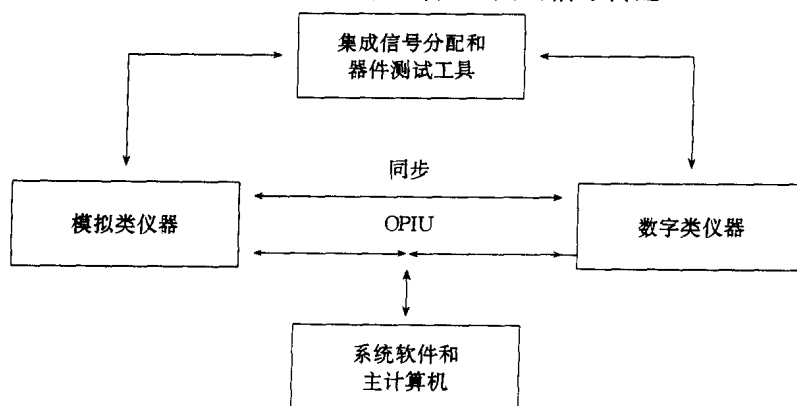


图1.8 混合方式模拟器结构图

模拟期间,模拟驱动器需根据自己部分的状态,以确定在每一个时间点要不要向电路的数字部分发送一个请求信号。如果需要,它可通过一个以电流或电压表示的正确信号值输出,送到开关级模拟器输入端,表明已有数字驱动器发出请求。数字驱动器将使电流或电压值变换成相应的逻辑值:1或X。反之,从数字驱动器返回电路模拟器的任何信号逻辑值也被变换成模拟值,以满足电路模拟部分进一步的需要,数字驱动器完成变换后,即可准备接受下一个输入值。这之间的主要困难仍是在数模混合方式模拟时,与两侧接口有关的问题。数字驱动是将一模拟信号变换成相应的逻辑值,并且要避免出现任何不合逻辑或错误的状态结果,这时有两个问题:一是必须允许用户按规定向模拟器输入,此外还有用于定义故障值的含有处理信息的输入文件,该故障值将是模拟和数字信号值变换的依据;二是为了避免不合逻辑的信号,应允许用户规定稳定时间,当开关模拟器输入端信号时间小于稳定时间,使信号可丢弃。这有点类似于滤波器,能阻止一些错误的模拟结果。

为了将混合方式模拟器与混合信号测试相连接,在设计电路的模拟和数字部分之间的接口时,要注意到一些特定要求:为了易于测试电路的数字部分,必须使数字驱动器可观测;为了允许测试激励不经过数字部分,而直接去测试模拟部分,数字驱动器又是可控制的。边界扫描型结构,即是这个要求。还有一种方法,收入模拟扫描链,以观测模拟测试点,它可以与信号观测并行操作。但在测试时要注意避免由模拟扫描链电容性负载效应引起的内部串扰。

在混合信号集成电路插件板内建立了边界扫描单元以后,可以采用任何个人认为适合的方法产生数字电路的测试激励,但对从数字到模拟的接口,必须通过边界扫描链或使用测试序列提供数字信号。模拟电路的测试激励则必须通过混合方式模拟生成,可以对每个注入的故障进行模拟,其中,元件偏离正常值的量可由用户确定,故障中当然也包括元件或网络的短路及开路故障。

一些模拟元件(如比较器)有数字及模拟输入和输出。在这种情况下,数字信号可视为控制或条件信号,但它影响被测电路的模拟路径,因此,在测试生成中常常需产生数字和模拟两种激励信号,以使模拟元件的测试是完整的。正如在前面所讲到的,混合信号测试至今仍是一个仅处于发展初期的领域,也是一个需要在未来有较大投入的领域。

1.5 集成电路插件板与分离电路板的区别

自从1963年第一块集成电路诞生之后,集成电路插件板也随之问世,并已有全部代替分离电路板的趋势,在维修行业早已熟悉的分离电路板维修方法也被将淘汰。要使维修工作能尽快赶上电子技术发展的需要,使过去的经验和技能更多的转移到现代的集成电路插件板维修中来,将两种电路插件板的结构特点做一番比较,是非常必要的。

一、功能与规模的差别

与集成电路插件板相比,分离电路板即使一个很简单的功能也要一大片电路才能实现,但它的故障可根据元器件完成功能的顺序逐个的检查出来,与外围和辅助电路的牵连不大。而集成电路插件板的一个扣子大小的芯片能完成一个书本大小的分离电路所不能完成的功能,尤其是它的每一项功能的完成需要芯片与芯片之间相互配合或者一些辅助电路的支持。因此它的某一项功能的失效是不易用简单的测量检查出来的。

二、电路的结构特点

分离电路板一般都是单层单面、极个别是双面的印刷电路板,电源以 12V、6V 最为多见,线路的相互之间发生短路、开路等故障时,可从外观直接观察到。而集成电路插件板除单层双面的之外,以多层印刷电路板最为常见,电源一般使用 5V、15V、24V,线路之间发生短路的故障时,无法用眼睛直接观察到。

分离电路板一般在电源的入口处接一个 $20\mu\text{F}$ — $50\mu\text{F}$ 的电解电容,做为低频滤波来静化电源中的纹波。而集成电路插件板,除此之外,小规模集成电路相融 5—10 块电路、中规模的 1—2 块电路需外接一个高频滤波电容器,对于触发器、线驱动器、接收器等器件每块电路的电源端都要外接一个高频滤波电容器到地。

三、电路的工作环境与抗干扰问题

电路工作在什么环境,其工作性能差异是很大的,要使工作性能不变,必须对电路的工作环境有一个明确的要求,分离电路板器件分散,散热容易,因此功耗的要求可以宽限一些。集成电路插件板的器件散热困难,环境温度是影响电路工作可靠性和电路开关速度的重要因素。因此,集成电路插件板的很大一部分故障都是由于器件温度过高所造成的。集成电路插件板结构紧密,所以器件和走线稍有不当,信号在传输线上就会产生相互串扰,它实际上就是信号线之间通过线间的互感 L_M 和互容 C_M 所出现的电耦合现象,串扰还与传输线的特性阻抗 Z_0 有关。而分离电路板信号传输简单,走线容易相互隔离,特性阻抗及布线可尽善尽美。因此在分离器件电路板维修中不考虑的散热和信号之间的串扰问题,在集成电路插件板中必须考虑,否则,维修的手段无论有多高明也很难奏效。

1.6 测量电路插件板的仪器选择

测试仪有两个属性,一个是硬件,一个是软件。硬件是有形的,可以看得到,能以参数或性能表征,而被理解和评估。而软件则难以被直接地接触,不易理解,更难以评价。在决定测试仪投资时,常常只基于硬件。从测试仪应用的角度,在评价一个典型的测试时,软件成本远高于硬件成本。这里的软件是指操作系统、公用程序、应用程序、相应服务软件及报告等。这就是为什么各测试仪生产厂家都以各种手段宣扬其超常的软件功能,而不是其硬件。应该明了,在作出其投资决定时,软件是一个关键因素。

一般来讲,进行测试仪评价时,主要着眼于下述三个方面:

第一是硬件,评价时应主要根据需要,而不是其固有价值。

第二是软件,评价时不要只看重对测试仪的控制,必须考虑其测试程序生成、数据采集和分析能力。

第三是售后支持,包括服务,应用和维护等。

一、对于测试仪的选择思路

一般讲,选购时首先要针对测试对象的特点,选择特定的应用目标,以使选购时的判断是有意义的,从集成电路插件板测试的角度,与需求有关的因素是:

- (1) 被测的集成电路插件板。
- (2) 被测集成电路插件板的极限规范。
- (3) 一级测试能力(最小要求)。
- (4) 二级测试能力(具有次要意义的其他要求)。
- (5) 测试程序生成要求,其中包含测试图形(向量)生成能力。
- (6) 定时和格式化要求,或测试事件发生要求。

涉及上述要求的有关性能和参数是非常重要的,必须反复、详细地进行分析 and 比较。其能力与测试要求和测试仪的设计都有密切关系。

- (7) 数据要求。特别是原始数据、数据处理、数据分析能力及特殊的软件工具。
- (8) 所需的售后支持,包括备件及选件的支持、维护、应用和版本升级服务等。
- (9) 测试的效率。
- (10) 任何其他要求和所需的支持。

一般讲,购买者任何非标准的要求,不仅增加开支,而且在质量上和软件上都不一定能得到有效的支持和服务。除非特别必要,应尽量避免特殊要求。

对于不同的测试仪进行评估的主要依据就是用户对测试仪的应用。首先确定市场上的哪些测试仪有能力测量自己的集成电路插件板,可分别调查这些测量仪的详细资料;其次,将每个测试仪硬件指标造一个表,项目有精度、分辨力、可重复性、阻抗负载电容、电流/电压范围、测量功能、测量能力等。并应用这些列表的资料参数与待修的集成电路插件板要测量的参数相比较,从掌握资料的参数范围为依据,哪些测试仪至少是可以满足测试要求的。在这期间需要进一步明确哪些参数是必测的,哪些参数是可以不测的,通过比较可能会淘汰一些不满足要求的最初选择,对保留下来的选择,除了主要参数测试能力外,可再进一步分析目前配置下,其二级参数的测试能力。

下一步是分析和比较器件测试图形发生能力,硬件上可以是移位寄存器,随机存储器、算法图形发生器等。对冗长和复杂的随机图形,重要的是控制向量重复,实时运行程序的能力。在当前的测试中,对定时灵活性的要求是很高的,这包括脉冲宽度、定时分辨力、器件管脚的时钟分配、周期定时的实时变化能力。这些都是按器件数据规范要求进行测试时,对测试仪提出的异常复杂和灵活的定时功能要求。评价时还要注意定时和图形分别独立工作的能力。

软件的评估可按下述六大类进行:

- (1) 测试仪操作软件
- (2) 测试仪公用软件
- (3) 测试仪应用软件
- (4) 器件的测试程序
- (5) 易于使用
- (6) 易于更新,不易感染病毒

具体评估时,上述六类都要从测试产生、程序调试、数据采集、数据分析等方面进行详尽的分析比较。

测试仪的操作软件必需是高级语言的,并具有与测试仪控制语句的运算功能,公用软件主要用于管理操作的编辑、编译和诊断。应用软件的重要性在于它可以极大地提高和扩充测试仪的能力,从测试图形生成到被测器件模拟,可以迅速和有效地编写和调试器件测试程序。应用