

计算机技术
丛书



微型计算机
故障诊断技术

《计算机技术》编辑部

微机系统的故障诊断

目 录

第一章 微机系统的故障分析

§ 1.1 微机系统的故障分类

§ 1.2 微机故障产生的原因

习 题 一

第二章 微型计算机的故障检测设备

§ 2.1 自动测试仪

§ 2.2 存储器测试仪

§ 2.3 逻辑分析仪

§ 2.4 特征代码分析仪

§ 2.5 示波器

§ 2.6 逻辑测试笔

习 题 二

第三章 微型计算机的故障诊断

§ 3.1 故障诊断的基本概念

§ 3.2 计算机的故障诊断技

§ 3.3 微机故障的人工诊断

§ 3.4 微机故障的自动诊断

§ 3.5 微型计算机的微诊断

习 题 三

第四章 计算机的故障定位测仪

§ 4.1 通路敏化的概念

§ 4.2 测试码的生成

§ 4.3 故障定位测试

§ 4.4 故障定位测试的应用

习 题 四

第五章 计算机的随机测试

§ 5.1 随机测试的概念

§ 5.2 随机测试的产生

随机测试法

§ 5.4 随机检测法

§ 5.5 故障诊断方法比较

习 题 五

第六章 逻辑模拟与故障辞典

§ 6.1 逻辑模拟

§ 6.2 故障模拟

§ 6.3 数字模拟方式

§ 6.4 故障辞典

习 题 六

第七章 信息差错的自检与校正

§ 7.1 计算机中信息差错自检装置

§ 7.2 奇偶校验及其应用

§ 7.3 海明校验检错及纠错

§ 7.4 多重校验检错及纠错

§ 7.5 容错条件下的故障处理

习 题 七

第八章 微机存储器的故障检测

§ 8.1 微机存储器的结构及其可靠性

§ 8.2 微机存储器的故障模型

§ 8.3 微机存储器的故障检测

§ 8.4 微机存储器故障检测方法的选择

习 题 八

第九章 磁盘存储器的故障诊断

§ 9.1 影响磁盘存储器可靠性的因素

§ 9.2 磁盘存储器的校正性检查

§ 9.3 软盘磁头的偏移检测及调校

§ 9.4 磁盘存储器的校验检查

§ 9.5 磁盘的保护

§ 9.6 磁盘存储器的故障检测

§ 9.7 磁盘存储器常见故障分析

习 题 九

第十章 磁带机的故障检测

- § 10.1 磁带机常见故障分析
- § 10.2 磁带机的程序诊断
- § 10.3 分调检查及测试
- § 10.4 校正性检查及调整

习 题 十

第十一章 CRT显示设备的故障检测

- § 11.1 CRT显示设备的结构组成
- § 11.2 CRT设备故障检测前的准备
- § 11.3 CRT设备的故障检测方法
- § 11.4 CRT设备常见故障分析

习 题 十 一

第十二章 LPT设备的故障检测

- § 12.1 行式打印机的印字机构
- § 12.2 LPT的程序检测
- § 12.3 LPT分调检查
- § 12.4 LPT常见故障分析

习 题 十 二

第十三章 软件的检测及维护

- § 13.1 软件的可靠性及可维护
- § 13.2 软件的故障检测
- § 13.3 软件维护作业
- § 13.4 软件维护技术
- § 13.5 软件的日常维护

习 题 十 三

第十四章 微机系统的故障诊断

- § 14.1 系统级故障诊断
- § 14.2 部件级故障诊断
- § 14.3 电连接故障的检测
- § 14.4 故障的压缩查找

习 题 十 四

第十五章 微机系统的维护及管理

- § 15.1 机房环境的监测及维护
- § 15.2 计算机日常维护
- § 15.3 随机故障维修
- § 15.4 计算机的管理与使用

习 题 十 五

微机系统的故障诊断

李海泉 编著

第一章 微机系统的故障分析

要进行微型计算机系统的故障诊断,对微机系统的故障进行分析、归类 and 抽象,是首要的一步。

所谓“故障”(Fault)是指造成计算机系统功能错误的硬件物理损坏或程序错误、机械问题及人为差错。若同一时间内,微型计算机系统里仅有一个故障,则称为“单故障”(One-shot fault);否则,称为“多故障”(Multiple fault)。

§ 1.1 微机系统的故障分类

对微型计算机系统的故障,按物理起因和分析角度的不同,可分为多种类型。

(一) 按影响大小分

按故障对微机系统的影响范围不同,可将微机系统的故障分为局部性故障和全局性故障两类。按故障的相互影响程度,又可将其分为独立型故障和相关型故障两种。

局部性故障(Local fault)一般只影响完成某一个或几个功能,而系统仍可以完成其它的功能。而全局性故障(Global fault),则会影响到整个计算机系统,使其丧失全部功能。例如浮点运算部件有故障,只会使浮点运算错,而计算机仍可正常执行其它功能。而电源故障或时钟故障将使整个微型计算机系统无法正常工作。

独立型故障(Autonomous Fault)是由于一个元件自身引起的故障,仅影响到微机系统的一个小局部,而不会导致出别的故障。如I₂寄存器某一位损坏会影响到变址操作,也只影响到变址操作。而全关型故障(Dependency Fault)是指一个故障与另

外几个故障有关联,它们之间互相影响,如加法器故障,不仅会使加法运算错,还会使加1计数错,导致程序计数器错,而且会使变址错,造成程序执行混乱。

(二) 按持续时间分

对于微型计算机系统的故障,按其持续时间又可以分为暂时性故障、永久性故障和边缘性故障几种。

暂时性故障(Transient failure)又称为间歇故障(Intermittent failure)或随机性故障(Random failure)。它是由于元器件所承受的应力即环境条件影响(温度、湿度、埃尘、盐雾等因素影响)、电压电流波动、振动冲击、电磁场干扰(Noise)下出现的性能不稳定、或因接触不良造成电路的时通时断、或因电路竞争、冒险而引起的功能错误。

这种故障在微机系统中最多。它的特点是持续时间很短、时隐时现,往往不需要人工干预,就可以自行恢复其正常功能。例如,振动或冲击使接触不良的电路时通时断,外界电磁场干扰使读出信号出错,湿度过大使二极管产生漏电等。暂时性故障很不稳定、时隐时现,往往难以检测定位。通常,对这类故障采用指令复执或程序卷回重试的办法来检测或渡过。

永久性故障(Permanent fault),又称为固定性故障(Stuck fault)。它是由于元器件失效(Failure)、电路短路(Circuit Short)、断路(Btipping off)、机械问题等物理损坏或程序中的错误(Error)而造成的故障。这种故障的特点是故障现象

可以重复出现,在无校正设备的情况下,只有人为干预才能恢复正常功能。如果对其不采取人为措施,故障就一直呈现某一种状态。如触发器处于固定“1”状态,读出放大器始终输出“0”信号等故障就属于固定性故障。

固定性故障在微型计算机系统故障中占有一定的比重,是故障诊断的主要对象。对于这类故障,通常是采用程序来自动检测定位,必要时还往往要进行一些逻辑测试(用测试设备如示波器、逻辑测试笔等)来进一步确诊和定位故障。

因材料缺陷(Delect)如硅片裂纹、表面效应、密封不好、连接不牢如虚焊、脱焊,在某种应力条件下发生衰减畸形(Attenuation distortion)的故障,或无缺陷而性能正常的元件因受到外界环境条件影响造成的元件参数变差,并且逐渐损坏的元器件故障,称为边缘故障(Rias Fault)。它与间歇故障不同。它是元器件性能已变差并逐渐变坏,而间隙故障中元器件并未损坏,仅是因某种原因功能暂时不正常。

(三)、按微机系统软硬件界面分

从计算机系统结构的软硬件界面来看,可将微型计算机系统的故障分为硬件故障和软件故障、机械故障、人为故障几类。

软件故障是指计算机系统软件及应用程序中的错误。这种故障可能是在设计时产生的,也可能是在程序指令化阶段引入的。现代计算机软件都比较复杂,加上缺乏程序正确性验证工具等因素,软件故障往往避免不了。这就需要通过各种检验和维护技术手段来不断发现、排除、改进及完善。

硬件故障是由于物理实物失效或其它参数超出允许范围所造成的故障。对于硬件故障又可分为逻辑故障和参数故障两类。

参数故障(Parametric Fault)是因元器件参数漂移,其值超出了允许的范围造成的故障。如CPU的主振电容变值,使主频不合要求造成的时钟不同步。又如内存的选通

电容变值,使其时序异常。这种参数故障叫时钟故障。由于市电电压波动,使直流电源电压忽高忽低,超出允许范围的参数故障叫电源故障。这些参数故障常使计算机系统工作不稳定,甚至无法运行。

逻辑故障(Logic fault)是指造成电路输入输出信号逻辑关系不正常的故障。它有固定性状态、线间桥接几种表现形式。计算机的故障诊断理论,基本上是以逻辑故障为基本前提的。

固定性故障是指电路中某元、器件的输入输出端逻辑值不管输入端信息如何变化,它都永远固定不变,呈现固定“1”状态($S-a-1$ 即Stuck-at-1)或固定“0”状态($S-a-0$ 即Stuck-at-0)。各种断路、短路、接地、悬空、元件损坏都可以归结为固定性故障。如图1-1中 M_1 输出端5若与电源正极短路,则在线5、6、7处均会呈现 $S-a-1$ 状态。若 M_2 的输入端 X_1 与地短路,则 M_2 的输出端8将呈现 $S-a-1$ 状态,线8处呈现出 $S-a-0$ 状态。又如图1-2中,或非门M的两个输入端 X_2 与 X_3 桥接,将使:

$$Z = X_1 + X_2 + X_3$$

变为:

$$Z = X_1 + X_2 \cdot X_3$$

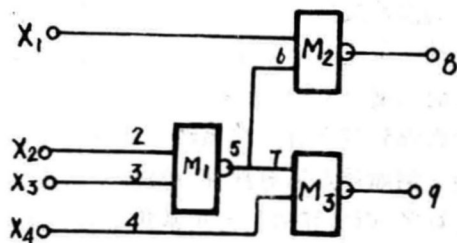


图 1-1 组合逻辑电路故障

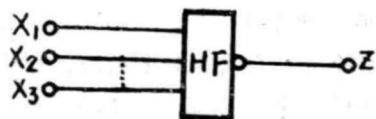


图 1-2 线间桥接故障

使其逻辑功能出错。这里出现的线间桥接（线间短路）也是微型计算机的一种常见故障形式。

人为故障是由于操作失误如搬错开关、按错键盘，或将系统命令用错，或人为地压伤了电缆、拉断了纸带或机器连线、划伤了磁盘，使机器状态异常，无法使用或总是出错。人为故障不仅使机器无法使用，而且会造成一些复杂的故障现象，增加故障检测的困难。因此，当微型计算机系统出现异常时，应先仔细检查一下各控制开关的状态、操作过程及命令调用情况及机器的状态，以区分到底是人为故障还是机器故障。

机械故障主要是微型计算机外部设备中发生的故障，如行式打印机电机卡死、磁盘存储器定位不准、CRT键盘按键按不下、机械紧固装置松动等。

除此之外，微型计算机系统还有过敏性故障及一些软故障。这些故障都是随机存储器RAM发生的常见故障形式。

过敏性故障是RAM存储器在遇到某一种信息图案或某一种特定程序时出现的功能异常的故障。

软故障是RAM存储器在受到 α 粒子等辐射时，使存储的信息出错的一种故障形式。

综上所述，对于微型计算机系统的故障类型可归纳为图1—3所示的系统故障图。

考察国内外微型计算机系统的故障分布可知，微型计算机系统在正常寿命期，暂时性故障占第一位，外部设备故障及电源故障占第二位，其次是人为故障、硬件故障和软件故障。

§ 1.2 微机系统故障产生的原因

分析微机系统故障产生的原因可知，微型计算机系统的故障，除了集成电路本身的缺陷及人为故障之外，主要与以下因素有关：

（一）静电损害：

微型计算机器件主要是MOS器件氧化

层很薄，经不起静电的冲击。实验和实践表明，静电是造成微型计算机系统损坏的主要原因。当机房相对湿度过低如低于20%时，很容易产生静电。积累或磨擦产生的静电，轻则使微机系统中的信息出错，重则使MOS器件损坏击穿。因之要采取一些必要措施特别注意避免。

（二）电磁干扰

机房附近的高压电线、大电机、大功率开关等设备产生之电磁场常常使微机系统的磁盘、磁带信息出错。电网电压忽高忽低，滤波器失效或机房接地系统不良，还会使微机系统存储的信息受到破坏，甚至使微机器件因热击穿失效。因之，对于微机系统应设法避开（隔离）或远离强电源或无线电干扰源，并注意维护电源电压平稳、接地良好。根据国家标准，机房附近的磁场强度应小于10奥斯特，无线电干扰应小于126db(0.15~500MC)，离110KV高压线100米以上，150KW广播发射台1000米以上，基本上可以避免电磁场干扰。

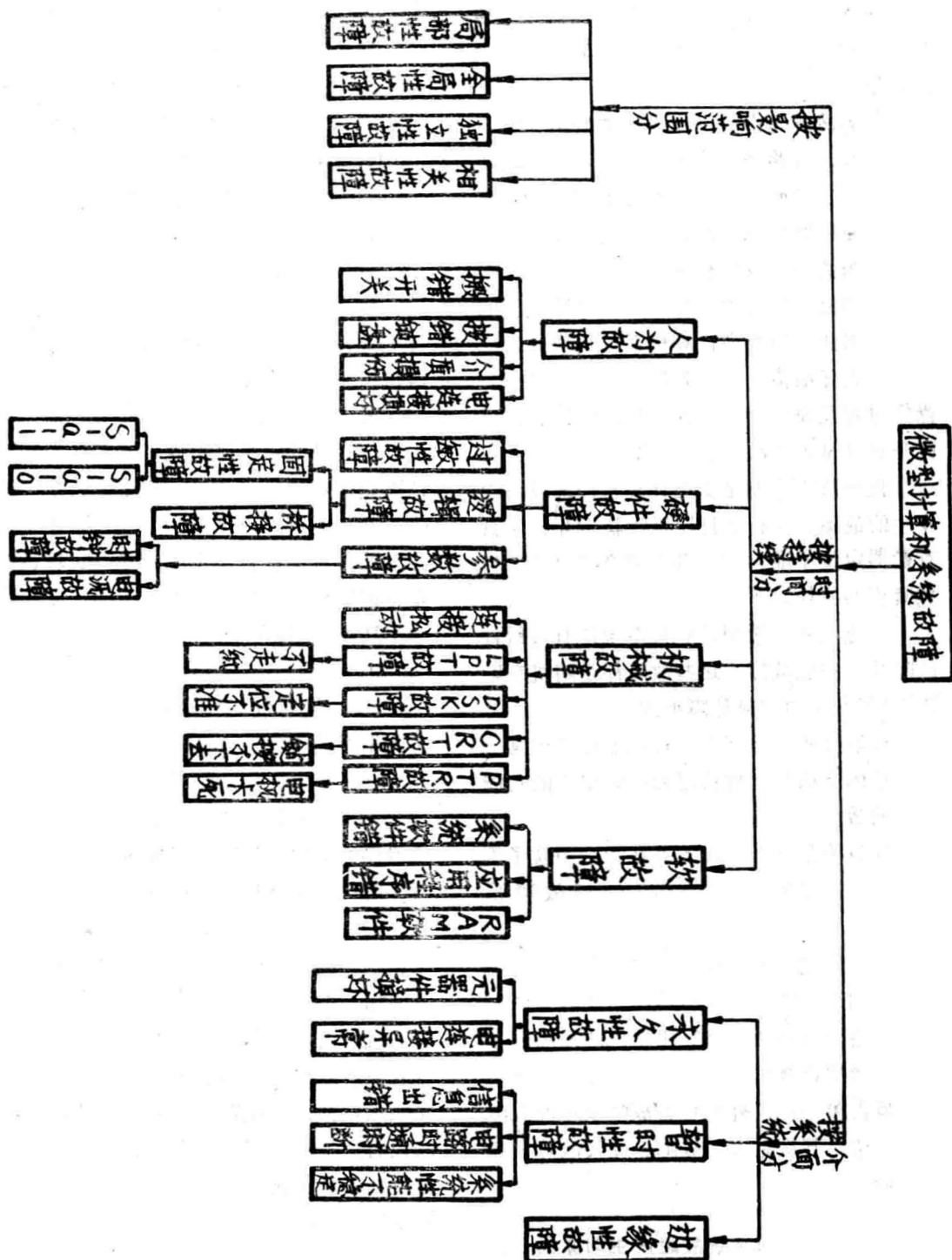
（三）温、湿度影响

一个计算机系统，都是由于大量的电子元器件构成的。机器在工作时，本身就是热源。若机房温度过高，机器中积聚的热量散发不出去，就会产生高温。当机器温度超过元、器件的容限值时，就会引起故障率的急剧增加，造成计算机系统无法工作。

机房内相对湿度过高如超过80%时，机器表面容易结露、引起元、器件漏电、短路和触点锈蚀，导线发霉、断线，纸带吸水变厚读时通不过。相对湿度过低不仅容易产生静电，而且还使纸带、磁盘、磁带等存储介质变形、易断易裂。

（四）空气污染影响

空气中灰尘和有害气体、盐雾是计算机媒体设备最危险的“敌人”。灰尘不仅会使磁表面和磁头划伤，还会使触点腐蚀，接触不良或断路、短路，使光路堵塞、读写梗阻。



(五) 振动冲击影响

振动及冲击会使电连接不良的电路时通时断或断路、短路，还会使机械连接松动、使机械零件损坏。因之，应注意避免。为此，微机系统应远离铁路、锻锤、大型冲床及通

风、制冷设备。

(六) 人为因素

在微机系统的使用中，常因疏乎大意造成一些人为故障，或因管理、维护不善，使系统总是出错或无法使用的。

进行微型计算机系统的故障检测及维护时,应针对不同情况,具体分析,对症下药,采取相应的诊断及维护方法,检测定位故障,使系统功能恢复正常。

习 题 一

一、试说明计算机故障诊断的意义。

二、解释下列概念:

- 1、故障; 2、差错;
- 3、单故障; 4、多故障;
- 5、边缘故障; 6、参数故障;
- 7、固定性故障; 8、可检测故障;
- 9、间歇性故障。

三、试分析图 1—4 所示开关电路中,当出现下列情况时,会产生什么影响:

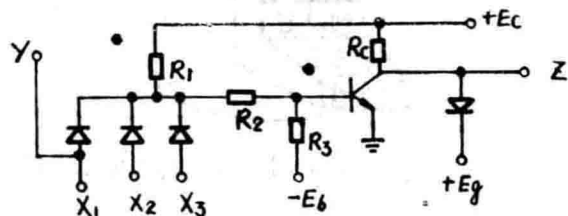


图 1—4

(1) 当 X_1 = 极管击穿时将输出 Z 和扇出 Y 有何影响? 写出其逻辑表达式。

(2) 当 X_2 、 X_3 间出现线间桥接时又将产生什么影响? 写出其逻辑表达式。

(3) 若采用负逻辑,该电路在以上两种条件下,又是什么情况? 试写出逻辑表达式。

四、今有图 1—5 电路,出现以下故

障,试求出该电路的输出函数:

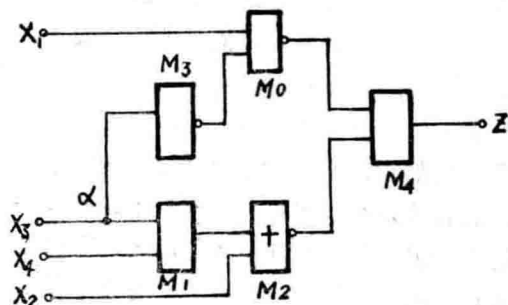


图 1—5

(1) α 处对地短路,且 X_1 处输入二极管断路;

(2) M_1 的输入脚出现线间桥接;

(3) 多重故障 X_2 : $S-a-1$; X_3 : $S-a-1$ 。

五、什么叫诊断分辨率? 什么叫故障测试集? 最小完全测试集?

六、下列测试中,那一种测试能检测出图 1—4 电路中 X_1 : $S-a-0$ 故障; X_3 : $S-a-0$ 故障; 有无不可区分的故障?

- (1) (0, 1, 1, 1);
- (2) (1, 1, 1, 1);
- (3) (1, 1, 0, 1);
- (4) (1, 0, 1, 0);

七、对图 1—6 电路求出下列故障的完全测试集:

- (1) X_3 : $S-a-0$;
- (2) X_2 : $S-a-1$;
- (3) X_4 : $S-a-0$; X_1 : $S-a-0$ 。

第二章 微型计算机的故障检测设备

在微型计算机系统的故障检测及调试维护中,为了检测、定位故障,往往需要用一些仪器设备进行测试观察,以便定性和定量分析。微型计算机系统常用的故障检测设备主要有:诊断检查程序,自动诊断仪、逻辑

分析仪、存储器测试仪,特征代码分析仪,磁盘机测试仪、打印机测试仪等专用测试设备及示波器、逻辑笔和三用表等通用电工电子仪器、仪表、以及一些元、器件测试仪。

§ 2.1 自动测试仪

用诊断检查程序检测微型计算机系统的故障，虽然速度快、自动化程度高，但它对微型计算机本身有很大的依赖性。它要求微型计算机的绝大部分硬件（Hard ware）要能正常工作，而且检测不直观，而人工测试设备：虽然观测直观操作灵活，但效率很低，而且功效在很大程度上依赖于维护技术人员知识水平和熟练技巧。因之，需要一种兼有上述二者优点，而又灵活方便的测试设备。自动测试仪就是一种满足上述要求的自动化观测设备。

自动测试仪（Automatic test equipment）是一台在微型计算机或小型计算机控制下的自动测试微型计算机系统好坏，并自动进行故障分析、定位的测试设备。它虽出现的时间不长，但发展速度很快，已从测试计算机的元、器件阶段，逐步发展到测试计算机插件、部件阶段，现在还出现测试整个微机硬件的故障自动诊断仪。

这些自动测试仪，虽然具体结构和功能不大相同，但基本组成原理大致相同。图2-1是自动测试仪的结构组成框图。图中的控制处理装置就是一台微型计算机，数据库中存放测试程序和测试码及故障字典。输入装置为键盘开关及系统磁盘。输出装置可以是CRT、灯显示，也可以是LPT或PTP输出，还可以存入磁盘或磁带中。图2-2是一个实际的自动测试仪的结构组成示意图。被测微型计算机插件可以通过测试台与自动测试连接起来。使用时，自动测试仪按键盘

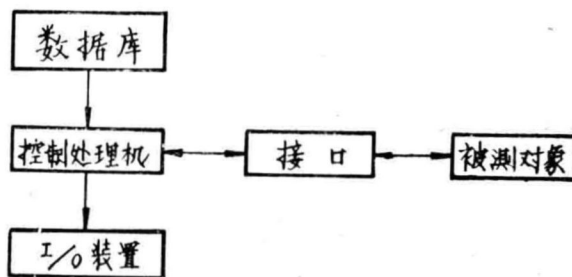


图2-1 自力测试仪组成框图

命令从软磁盘上读出测试码和测试程序，加到被测微机插件上，然后回收其响应，并与数据库中的正确结果进行比较，确定其是否有故障，如果有故障，故障定位程序通过对被测微机响应输出的分析和查阅数据库中的故障字典，再进一步诊断故障的位置。自动测试仪的探针可以做一些人工辅助测试，进一步检测和定位故障，以提高故障诊断的分辨率。

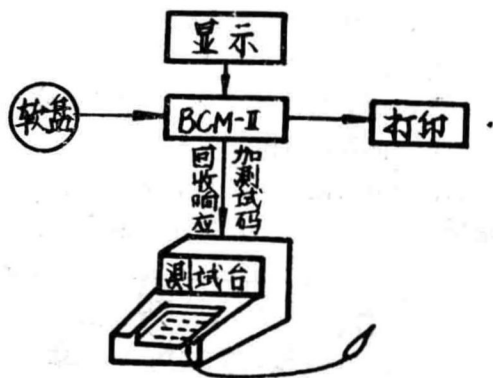


图2-2 自动测试仪结构组成示意图

数据库中的测试码可以由自动测试仪随机生成（Random test generation），也可以用确定生成法或人工杂凑法争先生成，存在磁盘上。

自动测试时，根据测试对象及测试要求，寻找测试码组，然后加到被测微机上，并一一回收比较。某个所有测试都进行完并回收比较好，即可作出被测微型计算机是好是坏、坏在那里的结论。我国某单位研制的便携式通用微型计算机故障诊断仪可对CPU和非CPU两大部分随机生成测试码，建立故障字典和故障定位树，帮助调试、维护技术人员进行故障追踪和定位。

图2-3是自动测试仪的测试流程图。

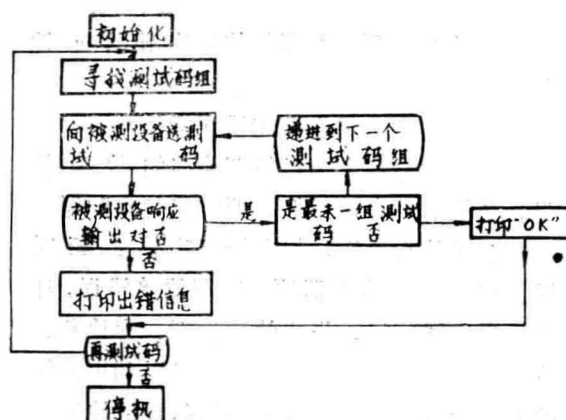


图 2-3 自动测试流程图

§ 2.2 存储器测试仪

存储器测试仪 (Memory Test equipment) 基本上是采用功能测试原理制成。为了实现对存储器的功能测试, 它由产生测试图案的专用计算机 (微型机或小型机), 加上接口装置、时钟发生器、I/O 装置等组成。其结构组成如图 2-4 所示。

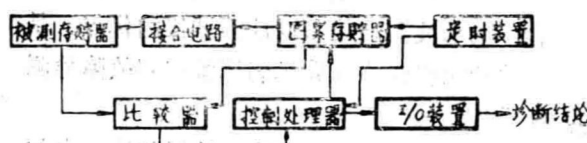


图 2-4 存储器测试仪组成

测试图案发生器是存储器测试仪的关键设备, 用以产生测试图案和标准信息。目前, 产生测试图案的方法主要有: (1) 由

专门的图案生成系统产生, 存入磁盘存储器里。然后输入到测试仪的控制存储器中, 作为测试码, 在测试程序的控制下加给被测存储器。(2) 由测试仪随机产生测试图案, 并自动控制测试数据的循环。(3) 由测试仪软件自动产生测试图案, 并控制对存储器进行测试。第一种方法比较简单省事, 应用较广。如鞍山微电子有限公司研制的 LS-83 存储器测试系统就采用了这种方法, 第三种方法费用低廉, 但速度较低。Intel 公司的 8085 及国产 SDK-85 微型计算机对存储器测试就采用软件自动生成测试图案的。第二种方法有一定的优越性, 但较复杂, 目前应用还不多。

图 2-4 中的测试图案发生器是由测试仪中的小型计算机 (也可用微型计算机) 构成。它随机产生测试图案存入自己的存储器中, 然后由控制处理器控制循环使用。接口电路包括将输入图案变为输入波形的“波形选择器”, 以及为实现输入、输出信息电平转换的驱动器及连接线路。定时装置用以产生各种输入波形的多路相脉冲、选通脉冲等时序信号。

美国 IBM 公司生产的 MD 诊断仪是一种比较严格、精确的存储器测试仪。它事先生成测试图案及测试程序, 存入磁盘上。使用时, 将该测试仪直接和计算机的存储器相连, 由操作面板及

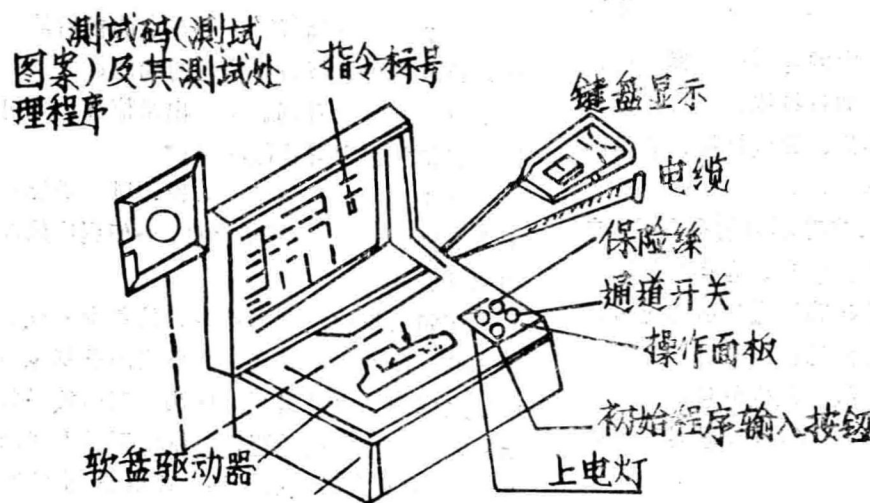


图 2-5 MD 诊断仪

键盘启动操作, 即可对存储器进行测试。它能对存储器自动执行寻找故障的程序, 快速分析故障码, 自动进行微诊断, 并能与远程计算机维护中心通讯, 接收来自远程维护支持中心的维护指导, 快速诊断仪诊断存储器

的故障，大大方便于计算机存储器故障诊断及调试维护工作，也大大提高了IBM3880计算机的利用率，MD诊断仪的示意图如图2—5所示。

图2—6是LS—83存储器测试系统组成框图。其核心是一台Heurikon MLZ—91 A微计算机和测试仪。测试仪是一个字长32位，容量为1K字的随机存储器作为控制存储器，用Sighetics 8 X02A控制顺序电路（Control Sequencer Circuit）控制微程序的执行。测试系统对存储器的测试是通过执行测试仪控制存储器内的测试微程序进行的。测试系统中的微计算机是在测试软件（Memory Test Control program）的支持下对测试仪发出命令，以启动、停止或继续执行测试微程序，使用时，测试软件按照操作人员的选择，从测试仪微程序文件中将微测试程序调入到微计算机内存，然后把测试仪的控制存储器作为微机的板外存储器。

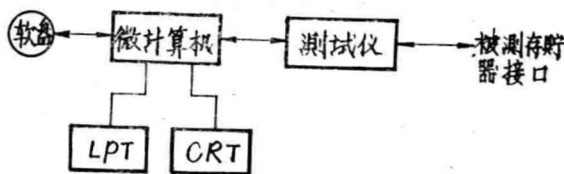


图2—6 LS—83存储器测试系统组成

测试微程序文件中的各测试微程序段，分别以不同的图案，如行干扰、列干扰、对角线移动、走步、跳步、邻位干扰、棋盘图案等，对存储器进行测试。

它能对静态MOS存储器和动态MOS存储器进行比较严格功能检查。当存储器出现电路故障时，能比较准确地进行故障定位。并显示出如下的故障信息：

- (1) 存储电路故障定位信息；
- (2) 所执行的测试微程序段名称（或段号）；
- (3) 出错微指令的地址；

(4) 被测存储器板块的出错单元地址；

(5) 正确操作数和错误操作数；

这时，操作人员可按照输出的故障信息，更换有关存储组件、调试修复存储器。

对于其它故障，如奇偶校验错、超时错、动态MOS存储器刷新时限错等错误，还能输出错误信息，指出故障类型、为诊断、修复存储器提供有效信息。还可以利用系统的六条命令、随时干预测试过程，灵活地安排测试的内容和执行方式，以区分故障类型。

这种存储器测试仪已成功地用于LS—83微计算机存储器的测试中，也适用于其它静态或动态的、不同容量和型号的半导体存储器测试。

§2.3 逻辑分析仪

逻辑分析仪（Logic Analyzer）是专门用于观测数字电子信号的测试仪器。它具有多线示波器和其它自动测试仪的优点，是一种功能很强的计算机调试维护和故障检测仪器。

逻辑分析仪和一般的示波器相比，有如下的特点：

(1) 能够同时观测很多路数据信息或控制信息，並以某种方式捕捉窄脉冲干扰（Narrow Pulse Noise）；

(2) 能够捕捉所需观察点的前后波形，具有多种捕捉数字信息的功能；

(3) 能够看到偶然的出错信息，並可以从记忆状态中寻找故障源；

(4) 能进行信息的转换，以二进制或十六进制或ASC II显示信息，方便程序修改和调试。

逻辑分析仪的种类很多，其基本原理大致相同。图2—7是逻辑分析仪的最基本结构组成框图。由逻辑测试探头连到比较器前端的输入线的条数随逻辑分析仪型号不同而不同。这个输入线数通常称为通道线。比较器将输入信号和可以从外部进行调节的阈值电

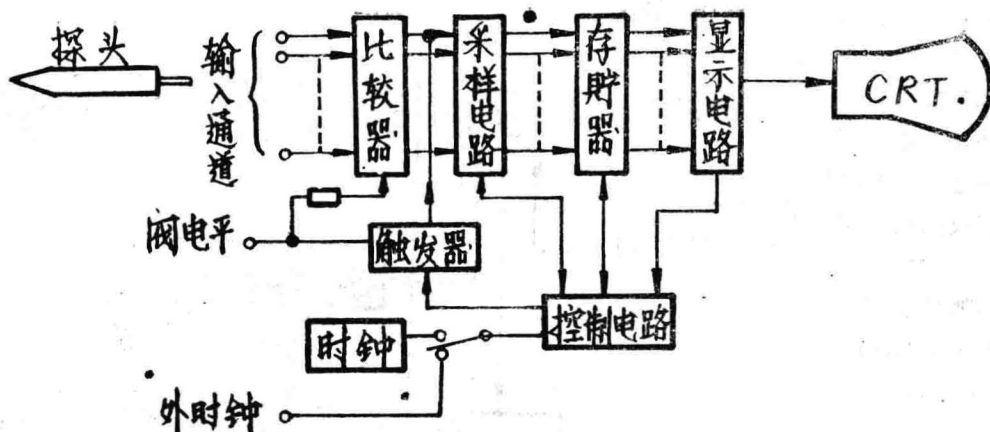


图 2-7 逻辑分析仪基本组成

信号进行比较，凡大于阈值时，就在相应的线上输出高电平，反之就输出低电平。这些信号加到采样电路后，在控制电路送来的采样选通信号的采样下，就得到和图中显示信息相似的输出波形。在写控制脉冲的作用下，把同一时刻送到存储器中的数据信息，写入到存储器的某一单元中去。而在下一个写入脉冲到来时，再把各条线上的下一个取样数值写入到内存中相继单元中。触发器的作用是根据用户设定的触发方式（有组合触发方式、触发延迟方式、单值触发方式等几种）及有关条件信息，对输入的信息不断检查。一旦满足条件，就产生触发点，使控制电路能在延迟了预定的写入脉冲个数后，停止写入过程。由于随机存储器的记忆作用，因之能够观察到触发点之前的有关状态、信息。在写入过程结束以后，控制电路就可以根据用户指定的显示方式，将内存存储器中触发点后写入的全部数据稳定地显示在CRT屏幕上。这时，利用CRT的再生功能，就可以将该显示画面保存起来，或根据操作面板命令有选择地显示内存中指定单元区的信息，还可以采用不数的数制进行显示，供操作维护人员分析使用。显示的方式可以是定时方式，也可以是状态表示方式。

使用时，可采用异步测试或同步测试方式。

异步测试方式的采样选通信号是由逻辑分析仪内设置的时钟发生器产生的。它和待测信号在时间上没有关系。为了得到正确的待测波形，采样选通信号频率要比待测信号高几倍，而且具有频率可调功能。为了发现窄脉冲还可以采用锁定模式。

同步测试方式的采样选通信号是由外部输入的时钟信号形成的。如采用Intel8080 CPU构成的微机系统如选用CLK、 $\emptyset$ 或SYNC信号作为外部时钟脉冲，就可以观察不同步长下有关微型计算机系统运行的信号。为了可靠地采集到稳定的数据，采样延迟信号对于采样信号应该有足够的数据设定和数据保持时间。

现在，逻辑分析仪已不仅可以测试CPU等部件的逻辑构件，而且可以测试以微型计算机为基础的微计算机系统。美国惠普公司（HP公司）的逻辑分析仪可以用于多种微机系统及LST-11、NOVA3等小型计算机系统。MA-1008型逻辑分析仪可用于以Intel8080A、8085A、Motorola的M6800、Eilog的Z-80CPU为基础的微机系统的调试维护及故障检测。

§ 2.4 特征代码分析仪

特征代码分析仪是一种能精确指出微型计算机失效的线路及元器件的有效测试工

具。它已被广泛应用到各种类型的微型计算机系统的故障检测及维护和生产调试中。

图 2—8 是特征代码分析仪的结构组成框图。

图中伪随机码发生器 PRBSG (Pseudo Radom Binary Sequences Generator)

是特征代码分析仪的核心。它由特征多项式 $X^{16} + X^9 + X^7 + X^4 + 1$ 的十六级线性反馈移位寄存器组成。其反馈多项式为 $X^{16} + X^{12} + X^9$

$+ X^7 + 1$ 。这是一个反馈位间隔不均匀的最大长度伪随机数序列发生器，适用于微机系统经常用相隔的四位或八位重复的图行进行检查。用它来产生某一微机系统若干电路结点的特征码。

为了测取特征码，为特征代码分析仪提供一个“时间窗”控制信号及必要的时钟信号。这些信号被特征代码分析仪用作线性移位寄存器的 CP 脉冲。在“时间窗”打开期间 (Window 为“1”电位时)，用时钟信号 (Clock) 取的二进制数据流的特征码。图 2—9 为时间窗、时钟和被测信号以及采集到的二进制数据流信号波形可图。

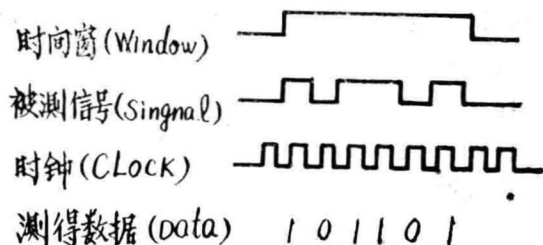


图 2—9 波形图

在用特征代码分析仪进行故障检测时，

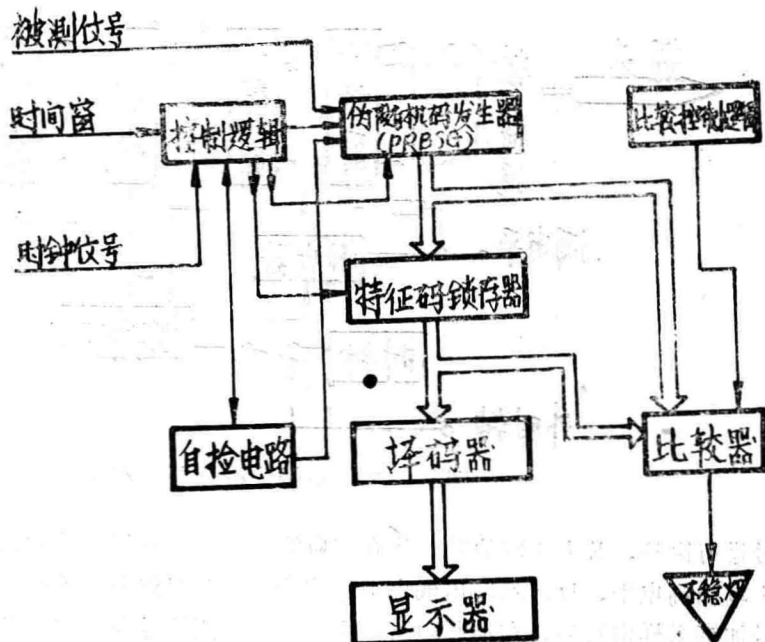


图 2—8 特征代码分析仪结构

要事先把待测的微型计算机系统的电路结点的正常特征代码测好，并建立特征代码字典和故障诊断树。测试时，若微机系统的电路结点特征代码与正常值不同，即可判定该电路有故障。这时，再根据预先测取的特征代码字典和建立的故障诊断树追踪、定位具体故障。

特征代码分析仪的具体用法如下：

- 1、把一个已知测试码加入到被测的微机系统，并记录生成的特征代码。
- 2、将特征代码分析仪接到被测的微机系统的有关电路结点上，进行检测。
- 3、当微型计算机有故障时，再利用特征代码分析仪具体追踪、定位故障。这时，用特征代码分析仪的探针在微型计算机电路一逐点探测，直到找到故障特征代码，即可确定故障部位。

目前，微型计算机使用的特征代码分析仪型式很多。美国 HP 公司生产的 HP—500 4A 特征代码分析仪，能快速查找微机系统的故障，并将故障准确定位到构件、元器件。

§ 2.5 示波器

示波器 (Oscilloscope) 是电子计算机故障检测和调试维护中最常用最基本的观测仪器。用它不仅可以测量电平、脉冲上、下、脉宽、周期、频率等参数,而且可以观测信号的波形、相位、信息布局图案(如“走步”图案、“跳步”图案,“下雨”图案等)。用逻辑示波器,还可以显示被测电路予定观测点的二进制编码信息,也可以显示存储器中的内容。示波器观测方便、直观,使用普遍。因此,掌握示波器的性能和特点,掌握示波器的选择和用法,熟练地使用示波器是十分重要的。

示波器的结构和原理,在《电子测量》课程中已经介绍。这一节我们着重介绍示波器的选择和使用中的有关问题。

一、示波器的选用

我们知道利用普通示波器可以观测周期性连续变化的电信号。而用它观测历时短促的脉冲信号,进行相位比较和图案检查则会发生困难。因此需要根据观测对象正确选择示波器类型和型号。在计算机的测试中,主要使用脉冲示波器,并且要依测试的对象,考虑以下几个主要特性。

(1) 通道数:在计算机测试中,随着测试内容、目的要求不同,需要的示波器通道数是不相同的。为了观测某一种脉冲信号的波形、参数,使用具有单通道的单踪示波器如SBM—10就可以了。而要同时观测比较两种信号的相位关系,周期和电平幅值,则需要具有双通道的双踪示波器如SR—8。要观察计算机内存贮器的“下雨”或“走步”图案,用以上的示波器还是不行的,这时需要选用具有三轴放大能力的示波器如SBM—1A。

(2) 《Y》通道的频域和时域响应:这个特征参数在很大程度上决定了脉冲示波器可以观测的最高信号频率(对周期性的连续波形)或脉冲的最小宽度。要不失真地重现

脉冲波形,其基本条件之一是《Y》通道应有足够的宽度。若被测脉冲的上升时间为 t_R ,则《Y》通道带宽可用下式(2—1)来估算。

$$B > \frac{2.2}{t_R [\mu s]} [MHz] \quad (2-1)$$

某些示波器的技术说明中往往只给出其频率响应—3 dB端截止频率 f_h ,则可按(2—2)式来计算Y通道对阶跃脉冲信号所产生的上升时间:

$$t_R = \frac{2.2}{2 \pi f_h [MHz]} [\mu s] \quad (2-2)$$

SBM—10示波器频域为0—30MHz, $t_R \geq 12ns$,SR—8示波器的频域为0—15MHz, $t_b \leq 24ns$ 。

(3) 扫描速度:这个特性参数表征示波器展宽被测信号波形的能力。一个示波器的扫描速度愈高,表明它能够展宽高频信号波形或窄脉冲的能力愈强。如SBM—10示波器的最高扫描速度为 $0.05 \mu s/cm$,SR—8示波器最高扫描速度为 $0.2 \mu s/cm$ 。当观测频率高于100MHz的信号波形时,可考虑选用取样示波器,当观测变化十分缓慢的过程时,则宜采用慢扫描的超低频示波器。

在电子数字计算机的故障检测和调试维护中,现以SBM—10和SR—8示波器使用比较普遍。

SBM—10示波器是一种晶体管化的多用示波器。它具有Y轴单通道放大器,如不另加措施,只能在荧光屏上显示一种信号波形。它的Y轴通频带宽,扫描速度高。因此,一般用来观测较高速变化的信号,如高频振荡信号,毫微秒级脉冲波和快速变化的连续信号。它能对各种频率信号宽度、幅度、上、下沿、相位、频率等参数进行定量测定和波形观察分析。另外它还有单次扫描装置,便于对单次瞬变讯号的幅度、流形、相位周期变化进行有效观测和分析。

SR—8示波器是全晶体管化的小型双踪示波器。它具有双通道Y轴放大器、信号

校准装置。它的二通道频域较宽，但扫描速度较低。用它观测时，可以同时荧光屏上显示两个信号波形，能同时观察和测量二个不同的瞬变过程。它不仅可以把二种不同的电信号显示在荧光屏上进行对比、分析、研究，而且还能组织差分放大形式，使两种信号迭加进行显示，也可以选择单通道工作方式，进行单踪显示。

SBM—10和SR—8示波器的性能、结构及其使用方法读者可以参阅有关资料。

二、示波器的使用

(1) 如何提高分辨率：当示波器已经选定时，尽量减小光点的直径，是提高分辨率的主要途径。屏幕上的光点粗细与电子密度有关。密度愈大，聚焦愈差、光点愈粗。因此，在使用示波器时，应尽量将亮度调暗一些，再调节“聚焦旋钮”使光点成为一直径不大于1 mm的小圆点，配合调节“辅助调焦”旋钮，使图象在荧光屏内都比较清晰、且亮度适宜。

(2) 探头的使用：在观察电平幅度和脉冲的相位、频率等参数及波形时，合理使用探头可减小示波器输入阻抗对被测电路的影响。因此，必须根据测试的要求选用探头。在计算机脉冲信号的测试中，低频电容探头使用较多，其频率响应特性较好，产生的失真也较小。但在使用时，应对其微调电容定期调较，以保证输出波形最佳。

(3) 电流夹子的作用：一般用脉冲示波器测量节点的电平、观察脉冲极性比较方便，只要将探头放到观测点，调节好示波器旋钮就可使用了。但要用探头来测量脉冲流则比较困难。为此人们想了不少办法，扩展了脉冲示波器的功能。电流夹子和示波器配合使用，就是示波器功能扩展的一种方法。

利用专门制作的电流夹子和脉冲示波器连接使用，可以不必断开被测电路直接测量其脉冲电流。这种方法简单易行，使用方

便，在磁芯存储器的测试中经常使用。

下面说明一下电流夹子的制作和使用方法。

1、电流夹子原理：

电流夹子的基本原理如图2—10所示。

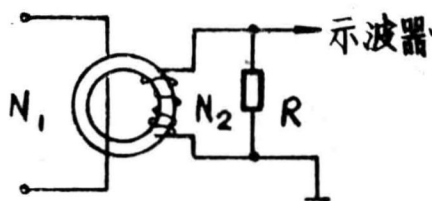


图 2—10

其初，次级线圈匝数比为1:68，其 $R = 68 \Omega$ ，磁环尺寸为 10×6 ，当在磁环上绕线圈 N_2 后，再劈成两半，然后用胶粘在金属夹子内。再按图示接上 R 及连线，即成。

2、电流夹子的使用：

当观测某线路脉冲电流时，将粘有磁环绕阻的金属夹子张开，夹住欲测电路，并将电流夹子与示波器连接，然后调示波器，即可在荧光屏上观测到被测用路的脉冲电流波形及其幅度等参数。

由于电流夹子在制作中磁环可能会有一些破损，会造成一定的观测误差，因此应在使用前测定一下实际误差，并在使用中按其误差值对观测结果予以修正。

(4) 避免波形失真：由于示波管的偏转灵敏度有一定的限制，在使用过程中荧光屏上双峰幅度不得大于8 cm，以免波形失真。为此，在使用前应将“Y轴衰减”置于最大，然后视所显示的波形和观测需要适当调节衰减档，用如果信号不需要增幅，可将信号由后插孔直接输入，但应在之间加隔直电容。

5、调好触发档：在测量信号时，“X轴选择”应置“内触发”档，扫描触发信号致Y通道的被测信号。这时应按被测信号之

极性将“触发选择置于”“内十”或“内一”档，若采用外触发信号，“X轴选择”应置“外触发档”，并将外触发信号由“触发输入端”输入。再视外触发信号的正负极性将“触发选择”置于“外十”或“外一”档。当被测信号与电源频率有关时（如测直流电源中含有的纹波电压）可使用“电源”触发。

（6）在电压、相位、频率的测量中，要注意采用合理的测量方法和正确调节示波器。使用中也要注意示波器的维护和保养，以防损坏。

§2.6 逻辑测试笔

电子数字计算机大量用到各种类型的数字逻辑电路。过去检测数字逻辑电路的电位和脉冲正确与否，均采用万用表或示波器，不仅价格昂贵，而且也不大方便。近几年来，为了方便数字逻辑电路的调试和检测，出现了一种新的测试工具——逻辑测试笔。红色夹子（接正极）黑色夹子（接负极）

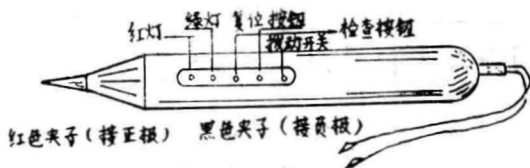


图 2—11 逻辑测试笔

一、测试功能：

通过红绿两个指示灯的显示，可对逻辑电路做如下的测试：

（1）测试逻辑电路是处于高电平还是低电平，或是不高不低的假高电平（悬空状态）。

（2）测试逻辑电路输出脉冲的极性（正脉冲还是负脉冲）。

（3）测试逻辑电路输出的连续脉冲或单脉冲。

（4）对逻辑电路输出脉冲的空度比作大概估计。

二、使用说明：

（1）逻辑探针（logic probe：把探针置于被测点上，就可以检测逻辑电路信号。

（2）红色指示灯：在作电平及脉冲极性检验时，红灯用以作高电平及正脉冲指示用。

（3）绿色指示灯：用作电平及脉冲极性检验时，作为低电平及负脉冲指示用。

（4）检验按钮：用于测试被测点是处于高电平、低电平还是假高电平。

（5）复位按钮：当按下此按钮时，不论拨动开关是处于“电平”位置还是处于“脉冲”位置，红绿灯均熄灭；在拨动开关置于“电平”位置时，记忆电路复位。

（6）拨动开关：当该开关处于“电平”位置时，检测电平。此时被测点的电平直接控制指示灯而不经记忆电路。

（7）拨动开关位于脉冲位置时，检测脉冲。此时被测点是用记忆电路输出控制指示的。只要有一个脉冲通过，红灯或绿灯之一就亮（除非记忆电路被复位）。

此电路中设有过压保护和自锁措施： D_1 、 D_2 、 D_3 组成过压保护电路，保证当探针偶而触及高于5V的直流电压时，不会损坏逻辑测试笔。此外YF6的加入确保输入电平信号时，要么是绿灯亮，要么是红灯亮，从而起到“锁定”作用。

如果此测试笔的探头由开关K控制接入图2—12虚线框内的多振荡器，则可由探针输出连续方波，作为脉冲信号源使用。现在，出现的逻辑测试笔不仅能测试电平状态、脉冲极性，而且可以对被测脉冲进行计数，以判断单脉冲之有无及连续脉冲的个数多少。这种逻辑测试笔上另外还有两个作循环计数的指示灯。

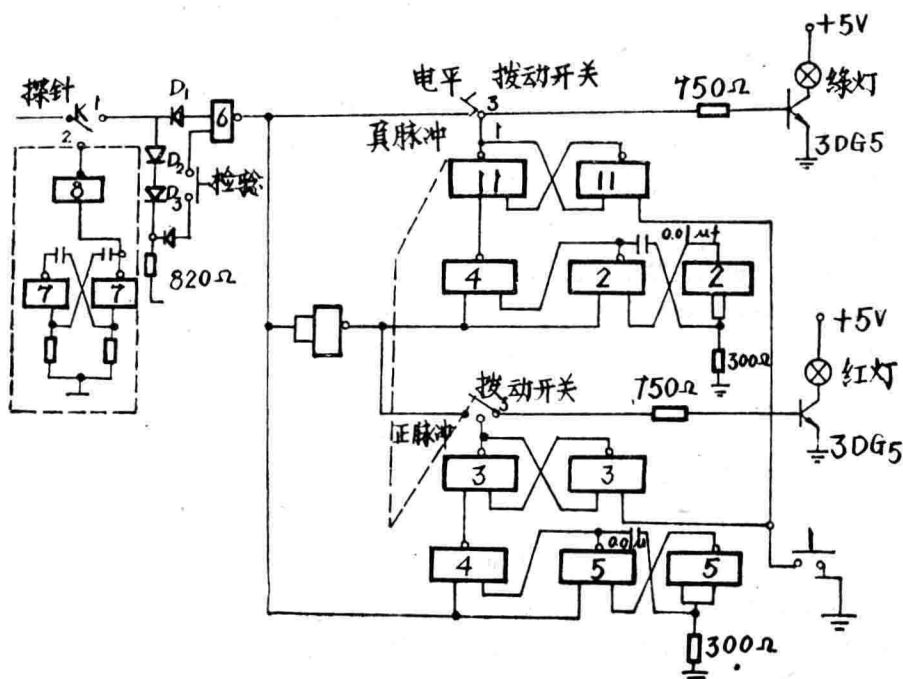
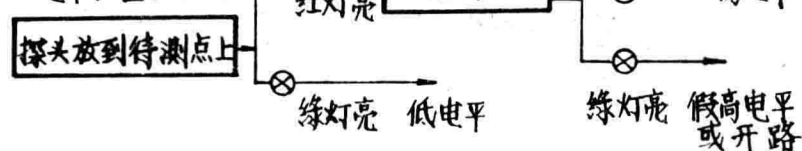


图 2—12 逻辑测试笔原理图

三、测试方法：

1. 拨动开关置于“电平”位置：

(1) 电平检查：



(2) 空度系统检验：



2. 拨动开关置于“脉冲”位置：

作脉冲极性检测

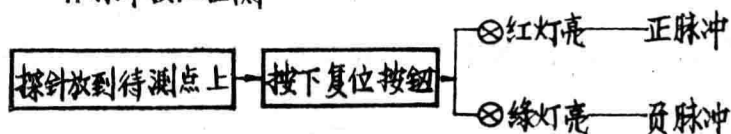


图 2—13