

# 智能仪器检修技术

林其鉴 编著

30.9

人民邮电出版社

## 内 容 提 要

本书主要阐述智能仪器的基本结构和故障检修的特点,介绍各种逻辑检测和分析仪器设备的技术性能、检测用途。其中着重说明智能仪器本身的自动检测功能和操作方法,以及一般逻辑检测器具、专用逻辑分析仪与特征分析仪的基本原理、使用方法。最后结合EMR1510型实时频谱分析仪的故障检修实例,具体讲解了智能仪器的一般检修程序和方法。

本书可供使用和维修电子仪器的技术人员、计算机检修人员以及有关专业的师生阅读参考。

### 智能仪器检修技术

林其夔 编著

责任编辑 陈涛

人民邮电出版社出版发行

北京东长安街27号

北京顺义兴华印刷厂印刷

新华书店北京科技发行所经销

开本: 787×1092 1/32    1990年11月    第一版  
印张: 4 28/32 页数: 78    1990年11月北京第1次印刷  
字数: 1.09 千字            印数: 1—2 000 册

ISBN7-115-04365-5/TP·054

定价: 2.00 元

## 前 言

随着电子计算机技术和大规模集成电路的发展与推广，带有微处理器（ $\mu P$ ）或微计算机（ $\mu C$ ）的智能仪器的品种和数量日益增多。智能仪器具有测量功能多、速度快、准确度高和使用方便等许多优点，现已广泛应用在生产、科研和教育等领域中。

智能仪器的工作原理和电路结构都相当复杂，加以有些仪器的技术说明书叙述比较简单，特别是对于仪器内部数字电路的故障检查和软件程序的分析检测都没有详细说明，如果出现故障，使用检修一般电子仪器故障的方法是很难甚至是无法修复的。为此，智能仪器使用者和维修人员，迫切需要得到这方面的检修技术。

现代的智能仪器大部分都设计有自测试和自诊断的检测程序，它能自动判断仪器的功能是否正常，并能指示有关故障的性质和原因，这就大大方便了仪器的维修工作。然而，还有不少的智能仪器仅具有简单的自动测试功能，自诊断的检测范围也不全面。因此，对于智能仪器的检修人员来说，除了必须掌握仪器本身的操作方法，以尽量利用本机的自动检测功能之外，还必须熟悉各种逻辑检测和分析的仪器设备，以合乎逻辑和比较系统的方法去寻找各种故障的原因。

实际上，对于成品的智能仪器，可以认为不存在软件在定时设计上的错误，因而在现场检修时，检测这方面的信息并不重要。事实上，对于被测系统或线路的有节点，如果能有高、

低电平的变化，或有相应的时钟信号，已足以证明其正常性，并且这些情况完全可以借助电子示波器等传统仪器来进行检测。鉴于大多数的现场检修条件是比较差的，不大可能装备有合适的逻辑检测和分析仪器设备，此时，关键的是要有一套比较完善的仪器技术说明书，以及智能仪器的检修人员必须认真阅读有关的技术说明书，研究可能存在的故障原因，充分利用现有的仪器设备和检查故障原因的基本方法，以期发现问题，便可顺藤摸瓜逐步深入，最终也能排除故障，修复仪器。

为此，本书的主要内容是论述智能仪器的基本结构和故障检修的特点，介绍各种逻辑检测和分析仪器设备的技术特性与检测用途。其中，着重说明智能仪器本身的自动检测功能与操作方法，以及介绍简便的逻辑检测器具、专用的逻辑分析仪与特征分析仪的基本原理、使用方法，并以国产ETE4511型逻辑/特征分析仪为典型例子进行具体引导。最后结合EMR1510型实时频谱分析仪为实例，讲述智能仪器的故障检修技术，以供实践参考。

本书的读者对象为使用和维修智能仪器的广大工程技术人员（包括部分电子计算机的检修人员），以及有关专业的师生，作为参考指导的工具书；对于有志涉及这方面技术知识的广大读者，也是一本自学入门的科普读物。

在本书编写过程中，得到林赛兰的诸多协助，但她不幸夭逝，特此记事以表纪念。

由于作者水平有限，编写时间比较仓促，不妥之处尚望读者批评指正。

林其鏞于南京工学院

1988年4月30日

# 目 录

1. 概论 .....	( 1 )
2. 智能仪器的基本结构 .....	( 7 )
3. 智能仪器的操作方法 .....	( 10 )
3.1 8520A型数字多用表性能简介 .....	( 10 )
3.2 8520A型仪器前面板装置的功能说明 .....	( 12 )
3.3 8520A型仪器的操作方法 .....	( 19 )
3.3.1 实例一 选用*1算法程序的TEST*1 操作步骤 .....	( 21 )
3.3.2 实例二 选用*1算法程序的TEST*2 操作步骤 .....	( 22 )
3.3.3 实例三 直流电压的测量 .....	( 23 )
3.3.4 实例四 交流电压的测量 .....	( 25 )
3.3.5 实例五 二线电阻的测量 .....	( 25 )
4. 简便的逻辑检测器具 .....	( 26 )
4.1 逻辑探头 .....	( 26 )
4.1.1 HP545A逻辑探头的检测原理 .....	( 26 )
4.1.2 HP545A逻辑探头的使用方法 .....	( 28 )
4.2 逻辑脉冲发生器 .....	( 30 )
4.2.1 HP546A逻辑脉冲发生器的技术特性 .....	( 30 )
4.2.2 HP546A逻辑脉冲发生器的操作方法 .....	( 32 )
4.2.3 HP546A逻辑脉冲发生器的检测实例 .....	( 33 )
4.3 电流跟踪器 .....	( 34 )
4.3.1 HP547A电流跟踪器的技术性能 .....	( 35 )

4.3.2	HP547A 电流跟踪器的测试用途 .....	( 36 )
4.3.3	HP547A 电流跟踪器的检测实例 .....	( 36 )
4.4	逻辑夹 .....	( 40 )
5.	逻辑分析仪 .....	( 42 )
5.1	逻辑分析仪的特点 .....	( 42 )
5.2	逻辑状态分析仪 .....	( 43 )
5.3	逻辑时间分析仪 .....	( 46 )
5.4	逻辑分析仪的基本结构 .....	( 49 )
5.4.1	输入电路 .....	( 49 )
5.4.2	实时预处理器 .....	( 51 )
5.4.3	存储器 .....	( 51 )
5.4.4	时钟与触发器 .....	( 51 )
5.4.5	显示器 .....	( 53 )
5.4.6	仪器控制器 .....	( 54 )
5.4.7	测试模式发生器 .....	( 54 )
6.	特征分析仪 .....	( 55 )
6.1	特征分析技术 .....	( 55 )
6.2	跳变计数方法 .....	( 57 )
6.3	循环冗余校验码 .....	( 58 )
6.4	特征分析仪 .....	( 64 )
6.4.1	特征分析仪的工作原理 .....	( 64 )
6.4.2	特征分析仪的应用条件 .....	( 68 )
7.	EE4511型逻辑/特征分析仪 .....	( 71 )
7.1	EE4511型仪器的技术要求 .....	( 71 )
7.1.1	主要技术指标 .....	( 71 )
7.1.2	触发方式 .....	( 73 )
7.1.3	显示格式 .....	( 73 )
7.2	EE4511型仪器的基本功能 .....	( 74 )

7.2.1	并行定时分析功能	( 74 )
7.2.2	并行状态分析功能	( 75 )
7.2.3	串行状态分析功能	( 75 )
7.2.4	特征信号分析功能	( 76 )
7.3	EE4511型仪器的操作说明	( 78 )
7.3.1	数据采集控制	( 78 )
7.3.2	功能和显示方式控制	( 81 )
7.3.3	输入控制	( 83 )
7.3.4	特征分析控制	( 85 )
7.3.5	后面板控制和连接器	( 85 )
7.4	EE4511型仪器的自诊断功能	( 88 )
7.4.1	开机自诊断	( 88 )
7.4.2	用户诊断	( 91 )
7.5	EE4511型仪器操作须知	( 95 )
7.5.1	控制功能流程图	( 95 )
7.5.2	串行附加表	( 98 )
7.5.3	数据采集说明	( 99 )
7.5.4	触发方式	( 103 )
7.5.5	异步测试和同步测试	( 108 )
7.5.6	显示方式	( 109 )
7.6	EE4511型仪器应用举例	( 112 )
7.6.1	并行定时	( 112 )
7.6.2	并行状态	( 113 )
7.6.3	特征分析	( 115 )
7.6.4	串行状态分析	( 118 )
7.6.5	数字逻辑电路的检测	( 119 )
8.	EMR1510型实时频谱分析仪检修实例	( 121 )
8.1	EMR1510型仪器简介	( 122 )
8.1.1	测量用途	( 122 )

8.1.2	操作方法	( 124 )
8.1.3	基本原理	( 131 )
8.1.4	检测方法	( 133 )
8.2	检修实例	( 134 )
8.2.1	仪器内部直流电源电压的检测	( 135 )
8.2.2	“+15V”直流稳压电源的故障检修	( 135 )
8.2.3	“±1000V”直流高压稳压电源的故障检修	( 137 )
8.2.4	“超程”指示灯亮信号不能输入的故障检修	( 139 )
8.2.5	数字显示器不读出幅度dB值的故障检修	( 141 )
8.2.6	数字显示器不读出频率Hz值的故障检修	( 145 )



## 1. 概 论

对于各种物理量的存在与变化的“信息处理”，是人类大脑的一部分智慧能力，简称“智能”。一般的电子仪器都具有一定的测量灵敏度，也就是具有“感知周围环境的能力”，还有一些仪器具有过荷保护功能，也就是具有“自保护能力”等等。因此，电子仪器可以说是属于具有某些简单智能的信息处理器具。

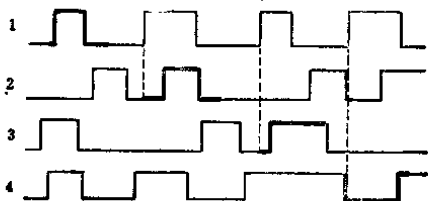
随着电子技术、半导体技术和计算机技术的发展，近代出现了一种具有电子计算机中央处理单元（CPU）同样功能的大规模集成电路的微处理器（ $\mu P$ ），以及一种通用的标准接口系统（GP-IB）。由于它们具有体积小、价格低、可靠性高、功能多和使用灵活方便等优点，因此可通过它们把电子计算机技术应用于各种电子仪器，从而大大增强了电子仪器的测量功能，提高它的自动化程度，使这些带有 $\mu P$ 和GP-IB的电子仪器，具有数学运算、指令识别、问题求解、对答系统等程度更高的智能。为了区别于传统的电子仪器，近代把带有 $\mu P$ 的电子仪器简称为智能仪器。当然，这类智能仪器的智能水平有高有低，随着科学技术的发展，智能仪器替代人类大脑的智慧能力，即进行信息处理的水平和功能，将会越来越高，越来越多。例如，传统的数字多用表（DMM）能测量交流/直流电压、电流和电阻。带 $\mu P$ 的DMM智能仪器除了以上的功能之外，还能测量诸如偏离百分数、偏移、比例、最小/最大、极限、平均值、方差、均方差和均方根值等多种电参数。又如，传统的数字频率计（即通用计数器）能测量频率、周期、时间

等电参数，而带 $\mu P$ 的通用计数器还能测量电压、相位、上升时间、空度系数、压摆率、漂移和比率等多种电参数。

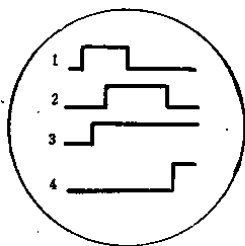
智能仪器区别于传统电子仪器的另一特点就是操作自动化，使用键盘代替传统仪器面板上的各种开关与旋钮，并且大部分都具有自选量程、自动校准或自动调整测试点等功能，这样既方便了操作，又提高了测量精度。例如，HP1980示波器能自动寻找波形，自动设置合适的幅度增益和扫描速度，使被测信号的波形能自动地在屏幕上稳定显示，从而大大简化了人工操作。此外，智能仪器都具有对外接口的功能，即装置有GP-IB通用接口，通过它能方便地连接到外部的自动测试系统上接受遥控，以进行自动测量。

虽然智能仪器具有功能多、精确度高和使用方便等许多优点，然而它的电路结构和工作原理都比较复杂，因此对于智能仪器的故障检修也就相当困难了。如果缺少一种合乎逻辑的比较系统的方法去寻找故障的原因，而是漫无头绪地瞎摸乱碰，不但找不出故障的原因，甚至会损坏仪器。这是因为带 $\mu P$ 和大规模集成电路(LSI)的智能仪器，它的主要部分均为数字电路，所以在故障诊断方面跟普通模拟电路有很大的区别。首先，传统的模拟电路的故障诊断，通常只是检验不超过三个节点的元器件特性，这些特性可从电压、电流、频率、阻抗等作为连续时间或频率函数的模拟量，即是以所谓的时域信息或频域信息来表征的，使用的测试工具多为电子电压表、电子示波器、频率计和阻抗电桥等，即使是数字式仪表，也都是属于模拟式测试仪器。但是数字系统所处理的信息不是模拟变化的物理量，而是一种作为离散时间或序列函数的数字量，即所谓数据域信息。它是一系列随时间而变化的“1”和“0”逻辑状态的组合，是标准化的物理量态。因此，在数字系统中，只要

是同一类型的逻辑器件（如TTL或CMOS等），不管它是什么功能的电路，其工作信号的电平都是一致的。此外，集成电路是多节点的器件，通常一个功能块就是整个电路，每个功能块可能有多个独立的输入，其输出也可能不只一个。所以，要全面检验一块集成电路的性能，就必须解决同时性的问题。例如，观测八个输入和一个输出，使用一般的多踪示波器已难以进行观测，况且电子示波器是利用电子开关切换而实现多踪显示的，各通道之间必然存在时间差，因此所显示的多踪信号波形不是同一时刻的现象，也就是说不是真实的了，如图1所示。



(a) 四个通道输入端的时序波形



(b) 信号1上升沿触发显示的四踪波形

图1 多踪示波器的不真实时间关系

其次，带有 $\mu P$ 的智能仪器，它的电路结构如同一般的电子计算机，即有许多器件都是挂在同一总线上，以“或”方式连接在一起，使得故障检测极为麻烦；而总线又是双向性质的，线上通过的是非常庞大的数据流（包括地址、数据、指令等信息流），并且这些数据流的量化信息，往往不是简单重复的信号，而是不断地变动。例如，智能仪器的动态操作，其控制信号时常只在几微秒期间有效，随后就消失了。因此，总线上的信号仅在确定的时间“窗口”内有意义，而在其它时间内出现的仅是一些杂乱的波形，无法解释是地址或数据信息。这就要求测试仪器本身具备足够容量的数据存储器，并可任意选择一部分数据内容进行观测与分析。但是传统的测试仪器无法知道何时出现的信号是有效的。

总之，涉及 $\mu P$ 组件和接口组件的故障是极难诊断的。事实上用传统的测试设备和技术是不大可能分离这些故障的。例如，检修时可能确定不了这个故障是 $\mu P$ 组件中引起的一个控制故障，或是一个接口故障，或是其它集成电路组件中的一个故障，导致测量算法中断，或转移到一个不正确的程序段。此外，数字逻辑电路工作不正常的常见原因之一是出现“竞争”问题，即在数据流的时序波形上出现一种无规律的干扰尖脉冲，其脉宽一般为几个纳秒（ns），通常称为“毛刺”干扰，它能使电路逻辑紊乱，工作失常。诸如此类的问题，给智能仪器的故障检修带来很大的困难，甚至有些几乎是不能检修的。

为了解决智能仪器检修的困难问题，近代生产的带 $\mu P$ 的仪器设备，在设计上考虑了它们的可检修性，即借助软件提供强有力的自测试和自诊断功能。同时研制出了逻辑分析仪和特征分析仪之类的专门仪器，它能知道数据何时有效，能检索数据流中哪些“字”出现了毛刺，并且能统计出在某段数据内毛

刺出现的数目。尤其是特征分析仪能迅速而准确地诊断出故障的部位，并找出有毛病的元器件。

所谓自测试，就是在没有用户干预的情况下，智能仪器自己确定自己的功能是否正常可靠。通常有下列几种方式：

#### (1) 开机自测试

智能仪器在开机通电后，通常要自动测试仪器内部的随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、显示器(LED)和键盘(KEY)等的功能是否良好，并且在检验通过后，所有的发光二极管显示“段”和所有的前面板指示灯，都会短暂地点亮一下(约一、二秒钟)。

#### (2) 连续自测试

这类自测试是在仪器正常工作时自动进行的，若测试正常，则对用户是透明的(即用户感觉不到)。

#### (3) 用户启动的测试

用户通过键盘操作以选择的某种测试。

#### (4) 用户干预的测试

这类测试是指用户通过简单的直接操作所进行的测试。

所谓自诊断，就是不仅要对电路中有无故障给出定性的答复，而且还要求对故障定位，即指出故障所在的确切位置。自诊断通常是按待测对象的复杂程度分级的，待测对象可以是整个系统，也可以是某个部件，乃至一般的逻辑线路，它们分别称为系统级、部件级及逻辑线路级诊断。故障定位的范围也是不同的，可以定位到子系统、设备、线路板，甚至某个元器件。在智能仪器中，自诊断的故障定位，通常可到线路板和元器件。例如，用发光二极管显示故障在哪些地方，或者显示“错误码”表明哪些地方有故障。

智能仪器的故障诊断有两种不同的情况，一种是在研制阶

段，此时可能还存在设计上的错误。因为有关工程技术人员对被检测的仪器或系统清楚了解，所以使用逻辑分析仪之类的仪器进行检测较为合适。另一种是在用户那里，这是指曾经正常工作的仪器或系统出现了故障，但对一般用户来说，如果对发生故障的智能仪器或数字系统了解不深，使用逻辑分析仪进行检测就会遇到困难。

实际上对于成为产品的智能仪器，它的定时错误可以排除，因而测试电路时，这方面的信息并不重要。事实上一条线路能够在“0”与“1”状态之间变化，已足以证明其正常性。因此，对于用户的故障现场诊断所需要的测试工具，已缩减到能够观测和显示电路中任一节点的三种可能状态（“0”、“1”和不定）的逻辑电平检测装置。诸如逻辑探头、逻辑夹、逻辑脉冲发生器和电流跟踪器等比较简便的逻辑分析器具。它们对于智能仪器的故障检修也有一定的效果。

根据智能仪器故障检修的经验表明，仪器内部各种直流稳压电源的毛病，是常见的故障原因之一。此外，对于各种时钟信号的频率，波形和振幅的检测，往往就会发现智能仪器工作不正常，甚至不能工作的故障原因。因此，检查一般电子仪器故障原因的基本方法，诸如：不通电观察法、通电观察法、对症下药法、测量电压法、观测波形法、信号注入法、信号寻迹法、电容旁路法、改变现状法、器件替代法、分割测试法、整机比较法、测量电阻法和测试器件法等，在一定程度上对智能仪器的故障检修还是适用的，这里当然也包括通用电子仪器，诸如万用电表、电子电压表、电子示波器、通用频率计和晶体管特性图示仪等的应用。

## 2. 智能仪器的基本结构

智能仪器的种类很多，目前，对于电压表、计数器、频率计、示波器、信号发生器、电桥和其他专用仪器（如频谱分析仪、逻辑分析仪等），都有了带 $\mu P$ 的自动化产品。这些仪器的电路结构相当复杂，要了解这样电路的全部工作过程，往往是非常费时费事的。图2示出了代表数字电压表和通用计数器之类的智能仪器的基本结构框图。从图中可以看出，智能仪器

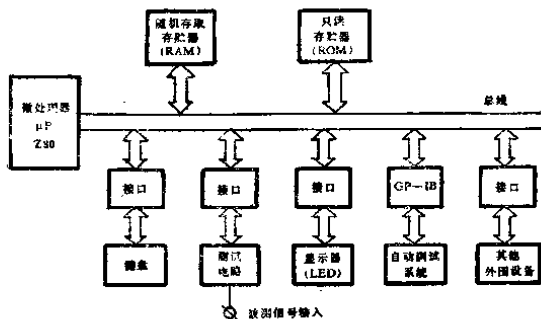


图2 智能仪器的基本结构框图

的电路结构是以 $\mu P$ 或 $\mu C$ 为核心的，它跟一般电子计算机的差别仅在于多了一个作为专用外围设备的“测试电路”；它跟外界的通信是通过GP-IB接口进行的。这里， $\mu P$ 是整个智能仪器的核心，固化在ROM内的程序是智能仪器的“灵魂”；系

统采用“总线”结构，所有的外围设备(包括测试电路)和存储器都“挂”在总线上， $\mu P$ 按地址对它们进行访问，并且接受来自键盘或GP-IB接口的指令，解释与执行这些指令。诸如，发出一个控制信号到某个电路，或者进行某种数据处理等等。测试电路既然是 $\mu P$ 的外围设备之一，因此在硬件上它们之间必然有某种形式的接口，诸如三态门、译码器、A/D和D/A变换器，以及程控接口等等以沟通信息。 $\mu P$ 就是通过这些接口，发出各种控制信息给测试电路，以规定功能、启动、测量和改变工作方式等等； $\mu P$ 通过查询，或者测试电路向 $\mu P$ 提出中断请求，使 $\mu P$ 及时了解测试电路的工作状况。当测试电路完成一次测量后， $\mu P$ 读取测量数据，并进行必要的加工、计算、变换等处理，最后以各种方式输出。诸如送到LED进行显示，或送到打印机进行打印，或送到系统的主控制器等等。

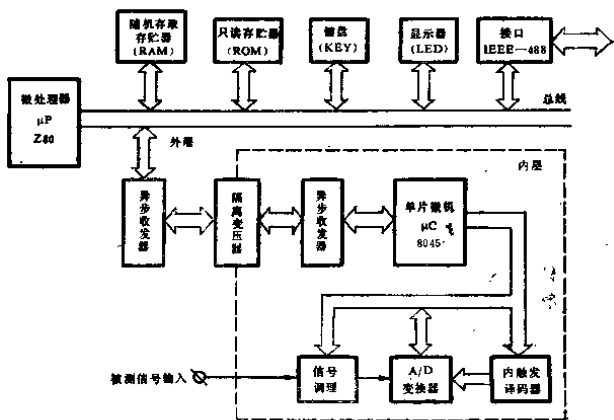


图3 8520A数字多用表的整机框图



这就是智能仪器的基本工作原理。

为了进一步联系实际,图3示出一种常用的智能仪器8520A型数字多用表(DMM)的整机结构框图。这里,外层部分作为接地系统的主动计算机,内层部分作为浮地系统的被动计算机,外层和内层是通过隔离变压器来传输信息的。采用隔离不接地的装置,是为了提高共模抑制比。异步收发器的功能是:在发送状态时,把并行码变为串行码;在接收状态时,把串行码变为并行码。