

第一章 概述

为了使读者能够顺利地跨进微型计算机修理之门，在本章中先介绍一些有关修理规律等方面的内容。这部分内容对于读者在修理过程中形成正确思路将有所帮助。

第一节 修理概论

会制造工具，是人类与动物区别的重要标志之一，随着第一件工具的问世，修理技术也应运而生。在人类发展史上，每一种工具或用品发明制造成功后，紧接着就有人会对其进行修理。与各种修理技术一样，微型计算机修理技术也是随着微型计算机制造成功而出现的。各种工具、设备或生活用品都有其特殊的原理和结构，其修理技术同样具有自身的特殊性，但修理技术的共性也是存在的。

本节以“修理概论”为题，向读者介绍有关修理技术的实质、从事修理工作的正确思维方式和、修理要诀，旨在帮助读者找到一条学习修理技术的捷径。

一、修理技术的实质

学习修理，首先应明确修理究竟是干什么，要达到什么目的，也就是需要明确修理技术的实质。所谓“修理”，就是判断、检测出导致故障的因素，并将故障排除，完全或基本恢复被修设备功能的操作过程。“判断”、“检测”、“排除”是修理过程的三个基本环节，也是修理技术的实质所在；“恢复被修设备的功能”则是修理的最终目的。

明确了“修理技术的实质”，找到学习修理的立足点，自然也就容易处理好“修理”与“原理”的关系。也就是说，学习修理技术的人，要站在修理的角度，有的放矢地学各种设备的原理。原理是修理的主要依据，但故障发生有自身的规律，修理也有自身的规律；“修理”不等于“修理”，以学原理代替学修理是一种误解。

设备发生故障，必然存在导致故障的因素，而造成故障的原因大多是零部件或元器件发生损坏。修理过程主要表现在判断、检测故障件上，一旦找到了，修理基本接近尾声。因此，从这种意义上说，修理主要是判断、检测故障件的技术，这也是单纯学原理所不能代替的。

二、建立修理思维

从事维修工作要有一个正确的思维方式，但主要是指要学会按照故障发生规律和修理规律去思考问题。一个人的思维方式，能否与故障发生规律和修理规律相适应，对他能否学会修理技术起着决定的作用。因此，要在修理实践中重视正确思维方式的形成。具体来说，应从以下几方面入手。

1. 思考问题应与设计者求同，与故障发生规律求同。

一种设备，在故障发生前能正常工作，这就说明设计的合理性方面是占主导地位的。修理的主要任务是依照原设计意图去恢复设备的功能。至于设计中的疏漏和不足，一般是修

好以后的改进问题。修理过程中若不依与设计者求同的原则去思考分析故障，就会陷入自己布下的迷魂阵。

此外，故障产生的原因尽管多种多样，但确有规律可循，若抛开其规律而胡想乱动，必然使修理步入歧途。因此，思考问题又必须依与故障发生规律求同的原则。

2. 要善于了解被修设备的功能和基本原理

科学技术在飞速发展，新产品不断被推出问世，一名修理技术人员，应该成为能修理多种设备的多面手。但又不可能也没必要为修理每种新产品都要参加一次培训班，社会上的维修技术培训也不可能做到包罗万象、面面俱到。因此，修理者必须具备善于了解各种被修设备的功能及其基本原理的能力。

要使自己的修理技术不断发展提高，具有上述应变能力，要具备两个条件：一是“学”，要广学博识；二是“拆”，要敢拆，会拆。没有拆，就没有修理。修理技术的第一道门就是拆，拆是学修理技术的启蒙教师。

在学习原理方面，还有一点很重要，那就是善于把教科书中的原理转化为适合修理使用的原理。

3. 要善于设计检修方案

一次成功的修理，离不开合理的检修方案。检修方案的优劣，是正确修理思维方式形成与否的重要体现。检修方案的科学设计，主要以下列几个方面内容作为依据。

(1) 时间与成本核算

有些设备，承担着关键性的任务，它的瘫痪会给工作或生产造成重大损失。修理这类设备的最高原则是“快”。

(2) 故障设备的可修程度

设备的可修程度，是动手修理之前必须考虑的问题。没有修理价值的“老牛破车”，一经拆卸就无法复原的产品或部位，都应慎重对待。

(3) 故障发生的规律性

组成一个设备的众多零部件、元器件，何处易损坏？损坏特点怎样？故障表现怎样？……这些都需要修理者在实践中不断积累总结。一旦掌握了这方面的规律，将使修理少走很多弯路。

(4) 设备的拆解难度

对于损坏规律尚不了解的设备，按拆解顺序，由表及里、由易到难地进行检修，当属上策。

(5) 个人的技术水平及手中的技术资料、工具、备用件的有无

设备的零部件、元器件的损坏情况千变万化，新产品、新设备层出不穷。一个修理者的技术水平和已掌握的技术资料总是有限的，所需替换件也不一定出门就能买到。这些都是修理过程中不能不考虑的问题。

(6) 个人的心理状态

心情不好时做事易出错，这是生活中的常识。为了在工作中少出差错，一个修理者应能自我调节心情，确保在良好的心情状态下从事修理工作。

4. 会设计验证自己判断的方案

有些判断必须经过复杂的操作才能得到证实或被否定，这个操作步骤同样要精心的设计和慎重地实施，才能得到可靠的结果。

三、修理 16 字诀

无论修理什么设备，最令人扫兴的是“痼疾没治好，反成了哑巴”。修理微型计算机也不例外，为了使修理见效快，少走弯路，尽量不出现“旧病未除，又添新伤”的现象，可把修理中四个关键问题概括为四句话，即修理 16 字诀。这 16 字诀是：

思路清晰，手段合理，操作谨慎，见好就收。

清晰的修理思路是成功修理的保证，它的作用贯穿于修理的全过程之中。准确地判断故障，合理地选择处理手段，谨慎地实施各项操作，恰当地掌握处理尺度等等，都是思路清晰的体现。当然，不了解被修设备的基本原理，不掌握故障的发生规律，不熟悉修理规律和处理手段，也就谈不上会有清晰的思路。

衡量修理手段合理的标准是效果明显，安全可靠，简单易行。

谨慎地实际操作是修理中必不可少的，无需再解释。

“见好就收”中的“好”字内涵较多，它可体现出修理者的职业道德，技术水平和根据被修设备的可修程度灵活施技的艺术等多方面内容，同时它也是抑制修理者头脑发热的“清凉剂”。但“好”的直观表现就是被修设备的功能得到恢复，而恢复过程在不同性质的设备上表现不完全一样。如模拟电路，由于电路的单元结构特点为主，在多故障点情况下，常表现为功能随故障点逐一排除而逐项或逐级恢复。而微机电路，尤其是主机电路，各种信号相互制约，整体性强，在多故障点时，必须待故障全部排除后，真功能才能恢复。这个特点请读者予以注意。

四、故障的发生规律

一台电子设备，和人的机体相似。人会生病，会衰老、死亡；一件设备同样在使用过程中会发生故障，也会有衰老、报废。人生病，由体内、体外各种因素综合所致；设备发生故障也有其规律可循。不断地总结并掌握故障发生的规律，对于形成清晰的修理思路和设计良好的检修方案有着重要的作用，直接影响着修理工作的效率和成败。

1. 设备在正常使用下的故障特点

面对一件有故障的设备，首先是判断哪里坏了，坏到什么程度。对于这个问题，不同的人会作出不同的判断。有的人被自己的判断束缚住手脚，有的人则充满信心，这里就有一个对故障规律的掌握问题。

首先，一台正常设备，在正常使用的条件下发生了故障，它的故障点不会到处都是，一般情况是一个故障点，或相关的两三个故障点。其次，这一点或相关几点的位置也是有规律的。对于这样的故障设备，修理者应有“每查到一个损坏部位，就是向完全排除故障的终点迈进一步”的信心，而且很有可能一蹴而就。成功的希望就在眼前。

2. 故障点的分布规律

一台正常的设备在正常使用下发生故障，故障可能出现的位置也是有规律的。

(1) 电路故障的分布规律

电路系统中，由于电子电气元件损坏或参数改变造成电路运行异常的故障称为电路故障。电路故障的原因多半是电子元器件的内特性改变，除严重烧毁或崩裂以外，多数无宏观表现。电路的故障多发生在功率较大的部位，即高电压、大电流一类的电路发生故障率较高。在这类电路中，并不是所有元器件都易损坏，损坏率较高的是大功率元器件，其它

一些小功率元器件则损坏率较低。

(2) 机械故障的分布规律

机械故障并不局限于机械系统范围内。从导致故障的原因的角度,本书把由于机械动作或其它机械性因素,导致机械零部件或电气元件的机械性能改变,而造成的机械系统或电路运行的异常故障,均称为机械故障。机械故障的原因多半是机械零部件或电子元件的外特性改变,是有宏观表现的。如机械零部件的磨损、变形、断裂、弹簧或皮带伸长,开关触点因磨损、污染而接触不良等。机械故障多发生在相互作用较大、动作频繁的部位。

在电路中,有一些通过机械动作改变电路状态(或参数)的元件,如开关、电位器、可变电容等,这些元件的损坏原因多属于机械性损坏,而故障表现却在电路上。

(3) 电路与机械复合性设备的故障分布规律

在理想状态下,电路有永久性的特征,所以电路出现故障属于偶然性的。机械系统通过机械动作实现其功能,而在机械动作中必然存在各零部件之间的相互摩擦和作用力,零部件的磨损和变形也是必然的。由量变到质变,当磨损或形变累积到一定程度,就会发生质的变化——产生故障,因此机械系统的故障是必然性的。

在电路与机械的复合系统中,机械故障多于电路故障。在日常生活和工作中所接触的常用电子电器设备中,录音机、录像机、复印机、磁盘机、打字机等都是这种复合型设备,它们的故障大多是机械性故障,电路故障一般少于机械故障。

3. 电子元器件的损坏规律

(1) 电子元器件的损坏类型

电子元器件损坏可分为两种类型。一种是元器件的特性完全丧失,称为硬损坏;另一种是元器件的参数发生变化,性能下降,称为软损坏。下面列出常用电子元器件的损坏情况。

电阻

硬损坏:断路,阻值变为无穷大

软损坏:阻值变大

电容

硬损坏:击穿;断路

软损坏:容量减小,漏电增大,容量或漏电随温度变化

电感

硬损坏:断线;绝缘层完全烧毁

软损坏:匝间短路;磁芯移位;电感量变化

二极管

硬损坏:击穿;断路

软损坏:反向耐压降低;正向导通压降增大;频率特性降低;反向耐压随温度升高而下降

三极管

硬损坏:击穿;断路

软损坏:反向耐压降低;穿透电流增大; β 值降低;频率特性变差;反向耐压随温度升高而下降

开关

硬损坏：常开、常闭（失去开关变换功能）

软损坏：触点接触不良

微调电阻、电位器（碳膜类）

硬损坏：碳膜断路（因基板断裂或磨损严重所致）

软损坏：灰尘污染；碳膜局部磨损；滑片变形；引出焊片松动。

焊点

硬损坏：开焊，被焊件脱落、连锡

软损坏：虚焊、假焊（组装时的隐含故障）；焊盘开裂

（2）电子元件的损坏规律

一般情况下，电容（尤其是电解电容、瓷片电容）和半导体器件（二极管三极管等）损坏率较高；开关、电位器多因动作频繁而损坏；裸露的微调电阻由于易受灰尘污染而接触不良；电阻、电感故障虽低，但要处于什么样电路，在大功率电路中，电阻、电感的损坏屡见不鲜。

在元件的硬损坏中，半导体器件一般高于电容，而半导体器件在发生硬故障时，击穿性损坏多于断路性损坏，无论分立的半导体器件还是集成电路都是如此。这就为用万用表检测集成电路好坏提供一个重要的参考依据。

当元件的某项参数随自身或环境温度变化而改变时，就会形成热稳定性差类故障。具有这种弱点的主要是半导体器件（包括集成电路）和电容。电阻和电感的参数不会出现升温变坏、降温恢复的情况，因此，热稳定性差类故障与电阻和电感无关。

故障表现有无规律是确定故障原因的又一重要依据。无规律性故障多因接触不良引起，在震动中时好时坏的故障更确定无疑是接触不良引起的。查找这类故障点时，不要忽略线路板（或铜箔）的断裂。规律性故障必然由元器件损坏造成。

4. 软硬故障规律分析

在修理中，修理者常按检修难度大小把故障分为软硬两类，“怕软不怕硬”之说已成为维修员的共识。若能找到软硬故障的形成规律，将有助于疑难故障（也就是软故障）的分析和检修。

（1）几个有关定义

原理性信号和技术性信号：对电子设备的某种功能起决定性作用的信号称为原理性信号，起辅助或改善性作用的信号称为技术性信号。

原理性电路和技术性电路：在电子设备的电路中，对该设备的基本功能起决定作用的电路单元称为原理性电路，为改善原理性电路性能而设置的电路称为技术性电路。显然，当原理性电路严重损坏后，设备就会失去某种基本功能；技术性电路损坏后，一般不会造成某种基本功能的丧失，只是在性能上受到影响。

原理性元器件和技术性元器件：在一个电路单元中，对该电路的基本功能起决定作用的元器件称为原理性元器件，对电路性能起改善作用的称为技术性元器件。

图 1-1 所示是一个常见的放大电路。

电路中的三极管 T，为三极管提供直流工作条件的 R_{b1} 、 R_{b2} 、 R_c ，以及传输交流信号的输入、输出电容 C_1 、 C_2 ，是这个电路的原理性元件。稳定工作点的主要元件 R_E 和提高电路交流增益的元件 C_E ，则属于技术性元件。电路中也有双重作用元件，如 R_E ，它虽是技术性元件，但若拿掉它（相当于 R_E 硬损坏），三极管则因直流通路被切断而不能工作。

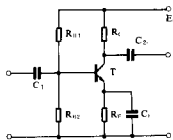


图 1-1 晶体管放大电路

硬故障和软故障：软硬故障的定义虽不统一，但归纳起来有两种，即按故障现象定义和按检修难度定义。考虑到按检修难度确定软硬故障缺乏统一尺度，不如按故障现象定义。

从故障现象定义，可把设备某种功能的完全丧失称为硬故障；把某种功能不佳称为软故障。

(2) 软硬故障规律分析

故障给修理者的第一感觉是故障现象；而处理故障的难易程度，多是检修过程中的感觉。因此，从现象上分析软故障的规律较为实用。根据前面我们给出的定义，不难理解，在原理性电路中，与原理性信号有关联的原理性元器件硬损坏造成的故障，必定属于硬故障；其它故障多半是软故障。当然，实际中发生的故障要复杂得多，弄清什么故障是硬故障，什么故障是软故障，分别采取正确的检修对策，往往会收到事半功倍的效果。

第二节 模拟、数字两种电路的比较

按性质，电路主要分为模拟、数字两大类。当前普遍应用的微型计算机，均属于数字计算机；微型计算机修理，当属数字电路修理。把这两类电路作一下比较，有利于对数字电路检修特点的掌握。

目前，模拟、数字两类电路，主要由集成电路（IC）组成，因此本节主要从集成电路角度来比较这两类电路。

一、外围电路

1. 模拟电路

由于集成电路内部不能制做高值电阻、电容，更不能制做电感，所以模拟 IC 一般都需要一定量的分立元器件作为外围辅助电路。

2. 数字电路

基本不需要外围辅助电路，这个特点在微机主板上表现尤为突出。这就为检测电路各点间的通断关系提供了方便。

二、电压特性

1. 模拟电路

各个引脚均有确定的工作电压，有些引脚的电压还有静态、动态之分。确定的工作电压，为判断电路工作是否正常提供了可靠的检测依据。

2. 数字电路

各引脚传输的信号多为脉冲信号，一般只有动态表现，这就给故障判断检测造成一定困难。

三、电路组成

1. 模拟电路

为配合原理性电路工作，设有相当数量的技术性电路，两类电路交织在一起。故障中软故障比例较大。

2. 数字电路

一般不需要较多的技术性电路。故障中软故障较少，硬故障多。

有一定修理模拟电路经历的读者，多认为硬故障比软故障好处理。但在微机电路中，由于电路组成不同，硬故障发生机制也与模拟电路不同，所以数字电路的硬故障较模拟电路难判断、难处理。

四、信号耦合方式

1. 模拟电路

多以电容、变压器耦合，各单元电路在直流特性上彼此独立。故障造成的影响，都使某个单元电路瘫痪失效，一般不会影响其它单元电路的直流特性。因此在修理中可以分块检测，较为方便。

2. 数字电路

都是直接耦合，各部分电路相互牵连，这就是前文所说数字电路硬故障发生机制与模拟电路不同的根本原因之一。因此，检修微机硬故障比检修一般模拟电路硬故障的难度要大一些。

五、电路板

1. 模拟电路

多用单面印刷电路板。元件拆解较容易。

2. 数字电路

多用双面印刷电路板，有些微型计算机系统板为多层。这就使得元器件拆卸操作难度增大，稍有不慎就可能使电路板受到损伤，甚至彻底报废。

第三节 模拟电路故障的确认和处理原则

模拟电路应用广泛，在检修方面已经形成很多成熟有效的方法。数字电路与模拟电路虽有明显区别，但构成电路的元器件基本相同，因此检修模拟电路的很多方法对数字电路也是适用的。巧妙地选用检测方法、准确、迅速地检测出故障部位、是维修技能高低的重要标志之一。本节介绍确认模拟电路故障的常用方法以及处理原则。

一、确认模拟电路故障的常用方法

1. 询问法

检修一台故障设备，首先要了解该设备的使用情况、使用环境、故障前的异常表现和故障的全面现象等，这些是分析、判断故障的重要依据，需要向设备的使用者详细询问才能获得。

2. 正常使用调节法

修理者亲自验证故障，是分析、确定故障的重要方法。所谓正常使用调节法，就是按正常的操作去调节有关旋钮和开关。修理者通过亲自操作、检验，可对故障的性质、部位

作出初步判断。

3. 直观检查法

很多故障留有表面痕迹，通过直观检查，即可找到故障部位。常用的直观检查法，可概括为6个字：看、闻、听、摸、拨、震。

看：元器件烧焦、烧裂、崩坏、插件脱开、开焊等异常现象，均可通过眼睛看到。

闻：密封元器件烧焦、变压器过热、高压放电产生臭氧等，都会散发出特殊的气味，可用嗅觉器官闻到。

听：高压放电的打火声、电源变压器重载时的交流声、扬声器中的声音有无等，都是以声音形式表现出来的。

摸：这是通过温度表现判断故障的方法。一些大功率电路的主要元器件，正常工作都应有一定温升，没有温升是电流小或无电流通过的特征，温升过高则是电流过大的表现。当然，用手怎样摸，实际操作要依具体情况而定，既不能触电，还要防止烫伤。

拨、震：此二法用于查找接触不良、开焊等类型的故障。

4. 万用表检测法

模拟电路产生故障，有关部位的工作状态必然会出现异常现象，并且总是以电阻、电压、电压的变化反映出来，而这些变化量，用万用表就能很方便地测量出来。再有，电路的故障虽千变万化，造成故障的原因多种多样，判别故障的手段各不相同，有些故障还需要仪器检查，但是最后排除故障，往往还需要依靠万用表来寻找和检测故障元件。所以，万用表是检修电路时不可缺少的测试工具，在微机电路检修中也不例外。

用万表检测模拟电路故障，基本方法是电压检测、电流检测和电阻检测，其中最重要的是电压检测和电阻检测两种方法。电压检测是通过检测有关电路的电压正常与否确定电路是否有故障。最后确定元器件的损坏与否多用电阻检测。可以广而言之，所有元器件、电路单元，甚至整体电子设备，只要其正常情况和故障情况下的电压（交流、直流）、电阻特性有明显区别，就可以用万用表对其进行检测、判断。

应用万用表对元器件进行在路检测是检修电子电路的重要方法，很有实用价值。使用这种检测法，由于不用把元器件从电路板上拆解下来，因此具有操作简便、节省时间、避免反复焊接造成人为故障、保护线路板和元器件不受损伤等多方面优点。但是，这种方法在一般修理教材中不予以介绍，即使在万用表使用方法的专著中也很少谈及。又由于这种方法测出结果误差较大，因此受到不少修理者（尤其是初学者）的冷落。其实，这种检测方法的误差完全可以通过经验积累予以补偿，特别是检测元器件的硬损坏准确性较高，希望读者重视并掌握这种方法。

(1) 电阻

对电阻进行在路检测，其等效电路如图1-2所示。

图中 R_x 表示被测试的电阻， $R_{\text{总}}$ 表示在直流状态下电路板上其它元器件的等效电阻， R_x 和 $R_{\text{总}}$ 都接在A、B两个焊点上受到万用表的测量，显然这两只电阻相对万用表是并联关系。按电阻并联规律，万用表所指示的电阻值（称它为 R_M ）应比 R_x 和 $R_{\text{总}}$ 都小。一般情况下， $R_{\text{总}} \gg R_x$ ，所以有 $R_M \leq R_x$ 的规律。因此，当出现 $R_M > R_x$ 的测试结果时，即可断定 R_x 的阻值变大或断路。但在电路中也有特殊情况，即 $R_{\text{总}} < R_x$ ，这样 $R_{\text{总}}$ 会淹没 R_x 的变化，无法确定 R_x 是否损坏。

对电阻的在路检测，是元器件在路检测的基本依据；明白了 R_x 与 $R_{\text{总}}$ 并联关系，其它

元器件的检测也就好理解了。

(2) 电容

对电容进行在路检测，其等效电路如图 1-3 所示。

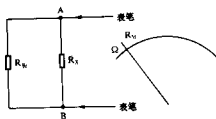


图 1-2 电阻在路检测

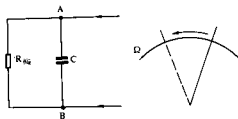


图 1-3 电容在路检测

检测电容是万用表的弱项，对电容进行在路检测只适用对数十微法以上的大容量电容。方法是选用低电阻档，电容的充电过程便可以通过表针的回摆动作表示出来。这种方法对小容量电容无能为力，也不能检测电容的漏电情况。

(3) 电感

对电感进行在路检测，其等效电路如图 1-4 所示。

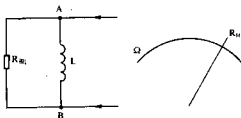


图 1-4 电感在路检测

电感的交流阻抗较大，在直流状态下检测的是它的导线电阻（常称其为电感的铜阻），这个电阻值一般很小（要视电感而定）。在对其进行在路检测时，若 R_M 较大，就可断定电感断路。对于铜阻很低的电感的匝间短路故障无法检测。

(4) 二极管在路检测和 LV、LI 刻度的使用

在一些新型号的万用表的表盘上，都有 LV、LI 两个刻度。它们表示在使用电阻档检测元件时，表内直流电源（干电池）通过表内电路加给被测件（负载 L）两端的电压 LV 和流过被测件的电流 LI。万用表上的这两个刻度主要用于检测半导体器件。没有 LV、LI 刻度的万用表可用直流电压、电流刻度代替（代替原理可参考沙友著《万用表妙用 100 例》一书中的例 1）。LV、LI 功能是指针式万用表独有的，数字表不具备。

对半导体二极管进行在路检测，其等效电路如图 1-5 所示。

检测时，让二极管处于正向导通状态，根据从 LV 刻度上读到的电压值来确定二极管的好坏和半导体材料（同时要注意参考电流 LI，若电流选择不当，易造成误判）。对二极管正向特性检测后，再检测一下反向情况，就可确定二极管是否损坏。

在检测时，由于有 R_M 并联在被测二极管两端， R_M 要分去一部分电流，所以应选用能提供较大电流的低阻档（如 $\times 10$ 或 $\times 1$ ）。

对二极管进行在路检测的方法，是检测半导体器件的基础，其它种类的半导体器件，一般都可以转化为二极管检测。

(5) 三极管

依据三极管的内部结构特点，三极管可等效为图 1-6 的电路。

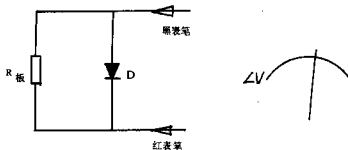


图 1-5 二极管在路检测

从图中可以看出, 检测三极管是否损坏可通过检测它的发射结、集电结来判定。检测方法和原理与前文所述检测二极管相同。只要检测出有 PN 结损坏 (击穿或断路), 就可确定该管已损坏。在两个 PN 结都正常情况时, 还要检测集电极与发射极之间是否击穿; 若击穿就是坏的, 不击穿则是好的。

在路情况下也可像不在路一样检验三极管的放大能力, 只是在集电极、基极之间跨接的电阻阻值应为 $500\Omega \sim 1k\Omega$ (不在路检测一般用 $10k\Omega$ 左右)。测试电路如图 1-7 所示。

检验三极管放大能力时, 为使表针摆动明显, 应选用 $R \times 1K$ 档为好。

使用万用表还可以对其它一些元器件进行在路检测, 这里不再介绍, 留给读者去

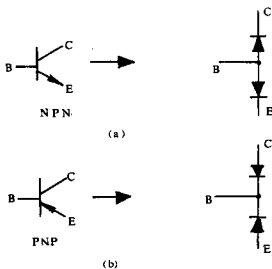


图 1-6 三极管等效电路

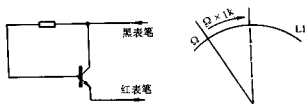


图 1-7 三极管放大能力在路检测

实践、探索。应用万用表对微电路中的集成芯片进行在路检测的方法在后文中介绍。

5. 仪器检测法

万用表虽然使用方便, 但其性能终究有限。很多疑难故障的分析、判断必须利用仪器进行测试。示波器等基本仪器的使用也是一名电路维修人员应具备的技能。

6. 其它一些实用检测方法

(1) 干扰法

从输入端注入干扰信号,观察电路各点尤其是输出端的信号变化,是检测放大电路常用的简单有效方法。

(2) 并联元件法

对于怀疑阻值增大或断路的电阻,以及容量减小的电容,可用并联电阻、电容的方法加以验证。

(3) 交流短路法

此法多用于信号传输中断的故障。具体方法是用适当容量的电容跨接在可疑电路的输入、输出两端,使信号跨过可疑电路送入下一级电路单元,观察故障的变化。

(4) 冷却法

对于与温度有关的故障,可用冷却法来检查、验证。冷却剂可用无水酒精等。若冷却某个元器件时故障现象消失,则说明被冷却的元器件即为故障件。

但此法不能用于玻璃壳的真空管。

(5) 替换法

用正常元器件(或电路单元)去替换可疑元器件(或电路单元),观察故障现象的变化,是非常重要的方法。对于难度大或在检测仪器缺乏、无技术资料等情况下,替换法是最有效的方法。

二、处理电路故障应遵守的原则

1. 先“静”后“动”

这条原则中含有三方面的意义。首先是检修者要先静,不应急于动手,更不能盲目乱动。要静心把各方面情况考虑全面(如检修顺序、检修方法等)后再动手实施检修。其次是被修设备要先“静”,即不要忙于加电检测,先用直观法(前文已有详述)。最后是对设备进行加电检测时,应先查静态(直流特性),再查动态(交流特性)。

2. 先外后内

对一台设备进行检修,应先查外部的电源线、插头、插座、设备之间的信号电缆等情况,然后再查内部故障。

3. 先源后载

任何电子设备都离不开供电电源,电源的性能若不能满足电路要求,电路便不能正常运行而表现为故障状态。正常的电源是电路正常工作的基础,也是确认故障的依据,在检修中应先查电源是否正常。若遇电源损坏,则应先修好电源,并查出导致电源损坏的原因,避免电源在检修中再损坏。

4. 先分支后主干

在信号处理电路中,多信号的共同通道为主干,单信号通道为分支。在检修信号处理电路时,应先排除支路故障,再处理主干故障,由后向前推,这样修好的支路可用作主干是否修好的验证电路,尤其是检修放大电路时,此原则更显重要。

第四节 微机的故障分类和检测微型机常用的仪器与工具

前三节是关于电子设备修理的一般性介绍,本节中则针对微型计算机的故障分类和检修微型计算机常用工具作专门叙述。

一、微机的故障分类

计算机正常运行,以良好的硬件结构和相应软件的支持为两个必须具备的基本条件,二者缺一不可。因此,计算机故障基本可分为硬件故障、软件故障两大类。计算机维修多是针对硬件故障,本书不涉及对软件故障和微机病毒的处理。

微型计算机硬件系统发生故障的原因是多方面的,归纳起来基本可分为两种情况:人为故障和自然故障。

人为故障是指由于使用者的误操作造成的故障,如电源未接通、信号电缆接头松动、软盘插错等,都会影响微型机的正常运行。一般情况下,人为故障多是暂时性的,无损伤的,一经纠正,故障即可消除。也有些误操作会导致永久性故障,不经修理无法消除,如在主机运行期间插拔外设信号电缆接头、频繁开关外设电源、接有硬盘的主机在加电状态下被搬动、交流电源电压选择不当等等,均会导致硬件系统的严重损坏。因此,为维护好微机系统设备,严格执行操作规程,避免不发生误操作,是每个微机操作者的责任。本书第五章专门向读者介绍微型计算机日常维护知识。

自然故障是机器在正常使用过程中由于元器件(或机械零部件)自然损坏而形成的故障,也包含由于使用环境恶劣或电网电压变化导致微机损坏的意外故障。

微型机硬件系统的故障可分为主机故障和外设故障。在外部设备中,有的主体电路和主机相似,是以微控制器为核心的计算机型电路,如各种适配卡电路和键盘、打印机电路等,就属于这一类。还有一类则是模拟电路特性为主,如显示器以及各类电源电路。

微机主机以及同性质的外设电路的故障,依据故障位置可分为致命性故障(故障点位于核心电路)和非致命性故障(故障点位于外围电路)。模拟性质为主特征的电路,按其功能区分故障类别和软硬性质较好,这样分类和定性有利于分析、确认故障部位。

微型机检修技术通常分为两级,即一级维修和二级维修。一级维修指以查出故障单元电路板,并用更换单元电路板排除故障的维修。一级维修又称为板级维修,板级维修多用于现场修理。二级维修,应查出故障芯片并更换芯片,以恢复电路功能。二级维修又称为片级维修。显而易见,二级维修比一级维修的技术难度大得多。随着集成电路制造工艺的不断提高和微机硬件技术的飞速发展,体积小、功能多、引出脚密集的超大规模集成电路芯片在微机系统中使用越来越多,各种硬件的成本随之明显下降,这就使得芯片级维修的实用价值越来越小。微机的拥有者和使用者所要求的多是“迅速、可靠”的修理效果。片级维修固然是高水平维修技术的一种特征,也可以挽救一些电路板的使用寿命而节约经费,但在速度和经济效益的天平上就显得无足轻重了。

二、检测微机常用的仪器与工具

在对微型计算机系统维修时,为了检测系统的故障情况,以便能更好、更快地确诊和排除故障,需要借助仪器和工具来进行测试观察,进行定性和定量分析。在检修微型计算机操作中,经常使用的一些测试仪器与工具有:逻辑探头(逻辑笔)、逻辑脉冲发生器、电流测试探头、逻辑比较器、示波器、逻辑分析仪、万用表(指针式、数字式)、吸锡烙铁、电烙铁(内热式较好)、起拔器、吸锡器、EPROM 写入器等。

1. 万用表

万用电表是最常用的一种测量电路及元件电信号的工具。它通常可测量电压、电流、电

阻及音频电平等多种电参量。有的万用电表还可测量三极管的放大倍数和电器元件（三极管、二极管、电容、电感等）的有关参数，并以此作为判断元器件质量好坏的依据。输入阻抗高的万用电表，不会过多地产生分流，故其测量结果是可靠的。万用电表的显示方式目前有指针式和数字式两种；两者相比，因前者既有测量误差又有读数误差，而后者仅有测量误差，故结果的准确性后者为佳。另外，可利用数字式万用电表内的蜂鸣器方便地判断电路中是否有短路、断路现象。

万用电表在使用前应选择合适的档位和适当的量程，以防实际测量时错档或测量值大于所设量程范围，烧坏表内部件。另外，在使用万用电表前须先校零（指针式校零位，数字式校零显示），以求测量值的准确性。目前世界上新型的数字式万用电表已配有 IEEE-488 标准接口和交流真均方根值的选配件，使得在测量时可以方便地选配。袖珍式数字万用电表仅重 85 克，功耗为 3 毫伏。目前该产品（数字式）的综合指标是：直流电压精度 11×10^{-6} ，分辨率 1 纳伏，读数速度每秒钟 34000 次，显示位数 8 位。

2. 逻辑探头

逻辑探头形如一支笔，因此也叫逻辑笔，是一种测试电路中逻辑信号的工具。逻辑探头常用于测量电路中时钟信号、触发信号、数据总线信号和各种控制信号等。

使用逻辑笔来测试电路中的逻辑状态，有时比示波器还方便。

用逻辑笔能测出微机电路中一根线上或点上的逻辑状态，即是高电平还是低电平，是脉冲信号还是开路电平。当逻辑笔的触针触及电路后，逻辑笔上的指示灯会有以下四种状态变化：

绿色发光二极管亮时表示逻辑低电平（逻辑 0）；

红色发光二极管亮时表示逻辑高电平（逻辑 1）；

黄色发光二极管亮时表示浮空或三态的高阻抗状态；

如果红、绿、黄三色发光二极管同时闪烁则表示有脉冲信号存在。

根据逻辑笔监视的各种控制信号（复位、暂停、存储器读出、标识脉冲、时钟、触发器的输入输出等），就可以判断故障状态。如果用脉冲发生器与逻辑笔配合使用，就能更快地准确地寻找故障原因。例如，用脉冲发生器产生脉冲作为组件的输入信号，用逻辑笔测其输出状态，或者用脉冲发生器打入单步脉冲，用逻辑笔观察它每一步进程的变化，就能迅速地找出故障。

逻辑笔的电源取自于被测试电路。测试时，将逻辑笔的电源夹子夹到被测试电路的任一电源点（+5V），另一个夹子夹到被测试电路的公共地端。逻辑笔与被测试电路共地除了提供逻辑笔的接地外，还能改善电路灵敏度与抑制干扰能力。

虽然逻辑笔是寻找示波器不易发现的瞬间而且频率较低的脉冲信号的理想工具，但其主要还是用于测试输出信号相对固定于高电平或低电平的逻辑门电路。

使用逻辑笔检修电路时，一般应从可能出现故障的电路中心部分开始检查逻辑电平的正确性（当然，使用这种方法时必须有一份系统的电路图）。一般方法是根据逻辑门电路的输入值，测试其输出电平的合理性（如图 1-8 所示）。采用这种方法，通常不需要太多的时间就可将输出总是停留在某一固定逻辑状态的故障芯片找出。

逻辑笔一次只能监测一条导线上的信号。

3. 逻辑脉冲发生器

逻辑脉冲发生器的作用是产生脉冲信号加到电路中。该发生器小巧玲珑，携带方便，当

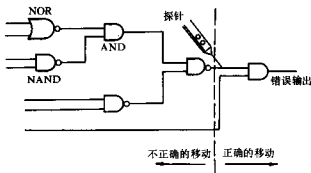


图 1-8 用逻辑笔检测电路

按动按键后，脉冲发生器检测到笔尖触点处的电平并自动产生一个或一系列与该点逻辑电平相反的脉冲信号。

把变化的信号引入电路中而无需焊开或断开元件的引脚，使得逻辑发生器成为同逻辑笔配套使用的理想工具。这两种工具结合在一起使用，可通过“激励—反应”方式对电路芯片的情况进行诊断。

在逻辑脉冲发生器上一般有一个调节开关和一个发光二极管，前者用于控制脉冲频率和个数，后者显示发出脉冲的方式（单脉冲或连续脉冲）。使用时，在线路的一端用逻辑脉冲发生器发出信号，另一端用逻辑夹等来接收信号。若测不到信号，则说明该段线路中有断点或芯片断路；若测得的信号不正确，则说明芯片有问题。

4. 示波器

示波器是修理微型机中必不可少的仪器。它能对信号进行时间、幅度测量（脉宽、周期、频率），还可以进行波形比较（相位和电平幅度比较）。用示波器观测直观、方便、可靠，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。

(1) 示波器的选用

20MHz~200MHz 频宽的示波器都可用。

单通道、双通道、多通道都可以用。

(2) 测试功能与方法



图 1-9 检查线路中的信号断路

一般用示波器可检测故障电平与浮空电平，即 0.5V~3V 的电平；检测故障波形，即波形幅度为故障电平幅度。用示波器还可检测组件外围的开路、接触不良，或组件内部的路开状态，见图 1-9。测试步骤是先查 IC₁ 输入与输出之间逻辑关系与电平是否正常。若正常。查 IC₂ 与 IC₃ 的输入波形（或电平）IC₁ 输出波形（或电平）是否一致。若

不一致，再看它们中间有无任何其它元件；只有一根导线时，说明是开路故障。

下面我们再用示波器如何跟踪测试信号，见图 1-10。

测试步骤是先示波器观察 TP₁ 的波形，再看 TP₂、TP₃ 的波形，然后根据逻辑关系 $TP_3 = \overline{A \cdot B}$ ，看所测 TP₃ 与逻辑关系中的 TP₃ 是否一致；若不一致，则 TP₂ 与 TP₃ 之间

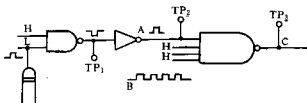


图 1-10 用示波器跟踪测试信号

的 IC 坏了。

以上我们只是列举了几个简单的例子。在维修过程中，维修人员应根据实际情况对电路进行分析，发挥示波器的作用。

使用示波器可以辅助维修人员把看不见的脉冲信号变成有形的、有一定规律的波形，进而对这些波形进行分析。微机系统内有许多模拟电路和线性集成电路，如显示器的电源电路，行场扫描电路，主机电源电路，软、硬盘读、写放大电路等，这些电路的电压低可到几毫伏，高可达几千伏，观察分析这些信号只有依靠示波器。

示波器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。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直径大约为 1 毫米的小圆点，配合调节辅助调节旋钮，使图像在荧光屏幕内比较清晰，且亮度适宜。

在观测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，应根据测试要求选用探头。在微机脉冲信号的测试中，使用低频电容探头较多。这种探头频率特性较好，产生的失真也较小。

示波器的使用并不复杂，用几次就可以熟悉。关键问题是电路中测试点的波形、幅度、时间间隔等信号的标准，即什么信号正常，什么信号不正常，除了依靠电路原理和资料进行分析外，主要靠使用者在实践中摸索、积累经验。

5. 逻辑夹

微型计算机各种电路板上的元部件排列和布置得很紧凑，相互间空隙很小，有时示波器的探头勾不住被测组件的管脚。使用测试夹头可以把要测试的 IC 各脚夹住，将其脚延伸。示波器探头接在延伸线上测量就比较方便，也不容易造成因探头晃动而测量不准，或者因探头晃动使电路短路，以致烧坏组件和机器。

另一种型式的逻辑夹，本身就具有监视电压变化的能力。这种夹子的顶端不是一根根裸露的导线，而是由两排发光二极管 (LED) 所组成。其上每一个发光二极管的明暗状态表示集成电路芯片对应引脚上的逻辑状态 (明——表示逻辑状态 1；暗——表示逻辑状态 0)。此外，夹子上的每一引脚都有缓冲的电子线路，不致在待测芯片上造成负载效应。

6. 电流测试探头

电流测试探头是一种测量电路中脉冲电流和磁场的工具。它用一发光二极管来表示被测电路中是否有脉冲电流通过，其测试灵敏度也可用调节开关调节。当电路有信号时，可利用测试探头的脉冲电流测试功能，方便地测出线路板上的断路或低阻点。当电路无信号时，可用逻辑脉冲发生器在某点产生脉冲，同时用电流测试探头测试由脉冲电流所产生的磁场 (磁场强弱与脉冲电流大小成正比)，这时可观察在发光二极管上是否有出现闪亮的信号来判别电路中的故障。电流测试探头的体积小，重量轻，在电路有信号时可单独使用。

7. 逻辑分析仪

逻辑分析仪实际上是一种带存储器的多踪示波器，它可以把拾取或存储的许多数字信

号同时显示出来。如果每个信号代表数据总线上的的一位数据,则用逻辑分析仪可同时看到整个数据总线上的信息,即所传递的数据。这意味着可将信号取样时间内所储存的任一瞬间各数据位的逻辑电平显示出来,将总线上的信号储存于存储器后,可随时加以显示与分析,这是逻辑分析仪的突出优点。

测试功能如下:

可以同时观测多路数据流信息或控制信息,并能捕捉窄脉冲干扰;

可以观测所需观察点前后的波形;

可以观测偶然的出错信息,根据此出错信息可查找故障源;

可以进行信息的交换,能以二进制或 16 进制或 ASCII 码显示信息,大大方便程序的修改和调试。

8. 集成电路芯片测试仪

由于微型计算机中大量使用集成电路芯片,因此,经常会遇到检测芯片好坏的测试工作。这时,如果有一台集成电路芯片测试仪,将对测试工作十分有利。

测试方法如下:

鉴别要测定的 IC 的型号;

将相同型号的好的 IC 装在基准板上,插入比较器里;

比较器另一夹头夹住有疑问的 IC (16 根引线);

观察 16 个发光二极管的显示,哪个发光二极管亮了,就表示哪个引线上的逻辑状态不一致。

9. EPROM 写入器和擦除器

在微机检修中,遇到只读存储器损坏,单靠买同类芯片是不够的,EPROM 写入器和擦除器是必不可少的工具。

10. 芯片起拔器

芯片起拔器是一种起拔芯片的工具。因为芯片是插在芯片座上的(有的是焊在芯片座上的)。用起拔器起拔时,应先将锡熔化并用吸锡器吸干净,所以起拔器在芯片前端的两个角位置上设置了杠杆状部件,利用较小的力就可拔出。使用芯片起拔器的优点是保护芯片脚。但在使用过程中应用力平稳,应选用与芯片规格相适合的起拔器。

11. 测试用的接插板

通常 IBM-PC/XT 机扩展槽上都会插上几块适配器,它们相距很近,互相遮挡,不便测试。使用接插板(或称过桥板),先将要测试的适配器从扩展槽拔出,转插到接插板上,然后把接插板插入扩展槽上,可以将测试的适配器位置提高,方便维修人员测试操作。

12. 吸锡器

吸锡器是用于拆卸电路板上元器件的专用工具,有手动和电动两种。手动吸锡器须与电烙铁配合使用,用电烙铁将元器件脚上的焊锡熔化,再用吸锡器的吸头利用真空的原理把锡抽掉。电动吸锡器是一种将带有吸气孔的特制电烙铁与吸气泵组合在一起的工具,使用时将烙铁对准焊点,待锡熔化后,按动吸气泵开关即可将锡吸掉。使用吸锡器可方便地拆卸元器件(尤其是多脚元器件),同时可最大限度地保护其插脚。

除以上介绍的几种专用工具外,还有一些维修必备的常用工具,如改锥、钳子、镊子以及电烙铁等。改锥有一字、十字之分,规格各异。目前,为拆装方便多采用带有磁性的改锥。钳子的种类也很多,有尖口钳、平口钳、剥线钳和剪线钳等,可按不同的需要选用。

镊子形状各不相同。在没有芯片起拔器的情况下，可选用弯勾形镊子，以方便、安全地拆卸芯片。烙铁是拆卸和焊接元器件的必备工具，为保护元器件并延长烙铁的使用寿命，目前多采用接有地线的恒温烙铁，其烙铁头为合金制造，坚固耐用。

思考题

1. 如何认识修理技术？
2. 故障的发生规律对修理的意义是什么？
3. 数字电路与模拟电路主要有哪些不同点？它们对修理有什么影响？
4. 修理一台电子设备的基本程序和应遵守的原则有哪些？
5. 微型计算机的故障如何分类？