

自动测试系统 及其接口技术

葛滋煊 编著

同济大学出版社

自动测试系统及接口技术

葛 滋 焯 编著

同济大学出版社

内 容 提 要

本书对自动测试系统及接口技术作了简洁和清晰的论述。全书共分六章,第一、二章着重对 GP-IB 标准接口系统及实现作了阐述;第三章讨论自动测试系统用可编程仪器问题;第四、五章讨论了自动测试系统的组建及软件设计问题;第六章介绍故障诊断技术。

本书可供从事电子仪器及测量技术工作的广大科技人员参考,也可作为大专院校电子仪器及仪表专业广大师生的教材和教学参考用书。

责任编辑 张平官

封面设计 王肖生

自动测试系统及接口技术

葛滋焯 编著

同济大学出版社出版

(上海四平路1239号)

新华书店上海发行所发行

常熟文化印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 12.5 字数 320 千字

1987年7月第1版 1987年7月第1次印刷

印数 1—4,500 科技新书目 123—205

统一书号 13335·020 定价 2.15 元

前 言

当前在电子测量技术领域,自动测试显然优越于人工测试。所以,只要在条件许可的场合,都应考虑组建自动测试系统。这样就要求新一代的电子测量仪器的设计都应尽量考虑使之具备参加自动测试系统工作的能力。当前,普遍采用的带有 GP—IB(General Purpose—Interface Bus)标准接口的电子测量仪器就是为达到此目的而设计的。本书在论述自动测试系统一般工作原理的同时,着重阐述了按 IEC—625 公布的 GP—IB 标准接口系统的设计。进而对当今常用的大规模集成电路接口模块及其应用也作一简介。

本书第一章和第二章对 GP—IB 标准接口系统及其实现作了阐述。第三章对组建自动测试系统必不可少的可编程仪器应具备的主要特点和工作进行讨论。第四章和第五章着重讨论了自动测试系统的组建及软件编制问题。第六章简要地介绍有关故障诊断技术及其常用的诊断方法。

本书可供从事电子仪器及测量技术工作的广大科技人员参考,也可作为大专院校电子仪器及仪表类专业广大师生的教材和教学参考书。

由于本学科是一门新兴的学科,加之编者水平有限,书中可能有不妥甚至谬误之处,恳请广大读者批评指教。

编者 1986 年 4 月

目 录

前 言	i
第一章 标准接口系统	1
§ 1-1 概述	1
§ 1-2 标准接口系统基本特性	3
§ 1-3 总线结构	5
§ 1-4 接口功能及其子集	9
§ 1-5 消息编码及其传递	13
§ 1-6 三线挂钩过程	23
§ 1-7 接口功能状态图和逻辑设计	26
第二章 标准接口系统的实现	78
§ 2-1 概述	78
§ 2-2 数据传递	78
§ 2-3 串行查询过程	80
§ 2-4 并行查询组态	83
§ 2-5 并行查询响应	83
§ 2-6 控制转移	84
§ 2-7 器件远控	84
§ 2-8 接口系统的设计	85
§ 2-9 接口芯片	90
第三章 测量仪器的程控	117
§ 3-1 概述	117
§ 3-2 程控仪器的寻址	117
§ 3-3 远控和本控切换	121
§ 3-4 器件消息的编码格式	123
§ 3-5 程控指令的编码格式	131
§ 3-6 测量数据	136
§ 3-7 状态拜特的编码格式	138
§ 3-8 程控仪器的响应时间	139
第四章 测试软件	143
§ 4-1 概述	143

§ 4-2 程序设计基础	146
§ 4-3 测试用 BASIC 语言的扩充	148
§ 4-4 ATLAS 语言简介	157
第五章 自动测试系统组建	166
§ 5-1 概述	166
§ 5-2 自动测试系统的组建	167
§ 5-3 应用举例	172
第六章 自动测试设备故障诊断	180
§ 6-1 概述	180
§ 6-2 逻辑分析仪	181
§ 6-3 特征分析技术和特征分析仪	185
结束语	191
附录: ASCII/ISO 码和 IEEE 编码表	192
主要参考文献	193

第一章 标准接口系统

§ 1-1 概述

随着科学技术的迅速发展,自动测试系统(Automated Test System, ATS)在生产和科学实验中都得到了广泛的应用。通常一个自动测试系统由控制器(计算机或计算器)、可编程的测试仪器(今后统称为器件)、测试软件和接口系统所组成。

这里所谓的可编程测试仪器,就是指仪器具有某种能接受程序控制的能力,也就是能接受数据(数字式指令),并根据之改变仪器自身的内部工作状态,如改变工作模式,更换量程、频段、输出电平,输出数据等等。

在自动测试过程中,器件和器件之间,计算机和各器件之间不断地进行各种信息的交换和传递,而这些信息的交换和传递都必须通过接口系统,因此接口又是自动测试系统的重要组成部分。通过接口可以将为特定测试任务所选用的各种测试仪器和计算机互相联接起来,使之组成一个自动测试系统。接口系统包括母线和接口两部分,母线是一条多芯无源电缆线,供信息传递;接口则由各种逻辑电路所组成,用以对信息进行发送接收、编码和译码。

既然信息都必须通过接口,那么在组建一个自动测试系统时,就必须考虑采用合适的接口,以使计算机和各器件之间进行有效的信息交换和传递。

在现代的生产条件下,任何一个工厂都很难生产出所有类型的各种仪器,因而在组建一个自动测试系统时往往需要采用不同工厂甚至不同国家生产的产品。由于各种产品的接口不统一,给用户带来了极大的不便,经常需要花费很大的力气去更改或重新设计各种接口转换电路,这不仅浪费了大量的人力物力,而且也浪费了很多时间。

早期的自动测试系统是将具有几种不同功能的可编程仪器总装在一起,为某种专门目的服务,而这些可编程仪器的输入输出电路又是五花八门各不相同的,因此必须设计一种专门的接口电路才能将计算机和各种程控仪器联接起来,这种接口电路包括计算机和各程控仪器各自的接口,它们分别安装在一块电路板上,每一块电路板称为一个接口卡片,这些接口卡片插在专门的接口卡片箱的槽中,接口卡片箱单独作为一个联接设备而存在,不放在任何设备之中。这种接口卡片箱和接口卡片只能专用,不适用于其它自动测试系统,所以它们不具有重复性和灵活性。

在六十年代末,美国 HP 公司(Hewlett—Packard)设计和制造了一代新的接口系统,并生产了与之相适应的专用计算机。新的接口系统的特点是把接口卡片箱装在专用的计算机内,接口卡片设计得与 HP 公司生产的一些主要程控仪器相适应。在组成一个新的自动测试系统时,只要更换相应程控仪器的接口卡片,或在接口卡片上更改几条跳线就可以工作,而不必作全面的更换或大量的改动。这种接口系统比初期的接口系统有了较大的灵活性和适应性。然而这种接口系统仍然有相当大的专用性,它只能使用 HP 公司的专用计算机和部份程控仪器,有些程控仪器尚需有附加接口才能工作;同时,这种接口卡片和各程

控仪器之间的连线数目相当多,相当复杂,一般有30~40条线之多。

到了七十年代初,人们希望作出一种适合于自动测试系统的统一的通用标准化接口,其最终目的是:世界各地都按标准接口系统的规定来制造可编程仪器的接口(接口部分安装在仪器内),那么在组建自动测试系统时,只要将需用的由不同厂家生产的各种型号的仪器,用一条无源标准母线电缆联接起来,便能随心所欲地构成自动测试系统。系统组建者无需在接口的硬件方面再做任何工作,唯一的工作就是编制测试软件。测试任务完成后,拆掉联接母线又是一台台可控的单机。由于具有这些优点,因此标准接口系统问世后便受到人们的普遍重视,并得到了广泛的应用。

自动测试系统接口标准化的工作,最早是由HP公司开始的,经过八年时间的研究,于1972年发表了一种标准接口系统,后又改进,于1974年正式命名为HP—IB接口系统。使用这种标准接口系统,可以象搭积木那样,将按同一标准设计的由不同厂家乃至不同国家生产的各种测试仪器,按照测试项目的需要互相联接起来,构成各种自动测试系统,为了跟以前那种固定的大的专用自动测试系统(例如自动网络分析仪)相区别,国外常将这种使用标准接口母线的新的组合型自动测试系统称为仪器系统。

当需要完成某项自动测试时,就象手动测试一样,把所选用的测量仪器搬来,用HP—IB接口母线把它们联接起来,就可以组成一个仪器系统。不用的时候,又可以将系统拆散,重新组成为其它测试用的新的仪器系统,或者单独使用各个仪器,这样,改变一个系统只要增减某些仪器,重新联接接口母线,而不必改动仪器本身,不损害原有的功能,也不必制作接口转换电路,这就大大增加了系统和仪器应用的灵活性,降低了成本,提高了效率,作到一机多用。因此,作为仪器系统核心与关键的这种标准接口系统便得到了迅速的推广和应用。据1976年1月的统计,在美国已有十多个公司,在欧洲也有不少公司生产了与HP—IB系统兼容的产品。另外,还有三百多家公司正在围绕这一标准接口系统而开展各种研究工作,在国际市场上已经产生了六大类几十种与HP—IB系统兼容的产品。目前,HP公司和其他一些仪器公司的产品正准备全部改成HP—IB兼容。由于HP—IB系统具有突出的性能,并且得到了迅速的应用,1974年9月,国际电工委员会(IEC)的TC 66(电子测量设备)技术委员会认可了美国提出的基本文件草案,1975年11月印发了付表决的草案。其间,美国电机与电子工程师学会(IEEE)于1975年4月颁布了正式标准文件IEEE Std 488—1975,1976年1月,美国国家标准化学会(ANSI)也正式颁布了标准文件ANSI—MC1.1—1975。这种标准接口系统,在美国称HP—IB或IEEE—488标准接口系统,在英国,日本,苏联称为GP—IB (General Purpose Interface Bus),在西德和荷兰称为IEC—IB。我国于1984年正式公布了“SJ2479.1—84”部颁标准。虽然叫法多种,但实质上除了在机械标准方面欧美略有不同外,其余完全相同。今后我们就统一称这种标准接口系统为GP—IB。

GP—IB的产生并不意味着问题的根本解决,例如系统中各仪器没有智能化,所以仪器的每一个微操作都要由系统计算机过问,这样在仪器较多,而且功能比较复杂的系统中,计算机的负担将大大加重,软件编制也显得很复杂,修改也不容易。目前,随着半导体技术的发展,大规模集成电路的出现导致了电脑技术的发展和普及,带微处理器的仪器已初露锋芒。如果在仪器内部装上微处理机(电脑),则所有与本仪器有关的操作过程将由这个微处理机管理。这样的仪器用于自动测试系统中,就会大大减轻计算机的负担,软件也变得十分简洁。据此,我们可以说:微型计算机、微处理器和GP—IB标准接口系统构成了近代电子

测量技术自动化、智能化的三大支柱。

目前,带微处理器的仪器及自动测试系统的研究正在蓬勃开展,它将为第四次工业革命添砖加瓦。

§ 1-2 标准接口系统基本特性

标准接口系统是将各种测量仪器与计算机一起构成的一个自动测试系统,以完成各种测试任务。它应当是一种在有限距离内的通用系统,用它可以把任何厂家按本标准设计制造的任何复杂或简单的器件联接起来组成一个系统,并完成不含混的通信。通信应是异步的(非同步的),数据速率可容许在宽广的范围内变化。在系统连接中对被连接的器件的特性要求,应提出尽可能少的限制条件。同时,被连接的各器件之间可以直接互相通信,而不一定非经由一个控制式中介单元来通信。此外,还要求结构简单,通用性强,使用灵活方便,成本低廉。据此,规定标准接口系统的基本特性应包括以下几个方面:

1. 可连接的器件数

通常可连接的器件数目最多为 15 台。当一个系统需要连接的器件数目超过 15 台时,可以利用计算机另外的接口槽,使每一个接口槽通过母线电缆连接的器件数目限制在 15 台之内。

2. 传输距离

数据最大传输路径总长为 20 米,或者是器件数乘以 2 米,二者取其小者,然而,在某些应用中,计算机与现场运行的仪器之间的距离可能超出规定时,就必须采用扩展措施。为此,HP 公司研制了适用于双扭电缆、同轴电缆、光纤或电话网络的距离扩展器。目前,常用的扩展器有 HP 37201 A 和 HP 37203 A 距离扩展器。其特性列于表 1-1。它们在系统中的连接方法如图 1-1 所示。

表 1-1 HP 37201 A 和 HP 37203 A 特性

	HP 37201 A	HP 37203 A
应用	通用 器件之间或内部	快速 器件内
传送方式	双扭线或中继线	单同轴电缆或双光纤电缆
操作距离	双扭线: 1000 米 中继线: 不限制	1000 米
调制数据率	异步: 150/300/600/1200 比特/秒 同步: 最高 19200 比特/秒	
硬线速度	775 拜特/秒	最高 50 千拜特/秒
错误检查	用自动重复的方法进行整块检查	循环重复检查
电气噪声的隔离	在硬线链上用平衡对称耦合	光纤或光隔离的同轴电缆
程序透明性	除并行点名和控者转移外是透明的	包括并行查询和控者转移都是透明的

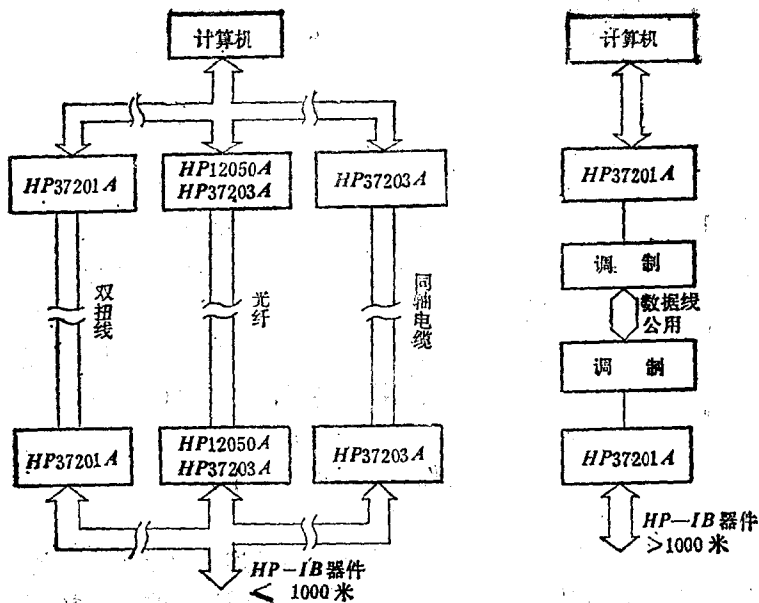


图 1-1 扩展器连接

3. 母线

母线中的信号线有 16 条。其中包括 8 条数据线、3 条挂钩线和 5 条管理线。如图 1-2 所示。

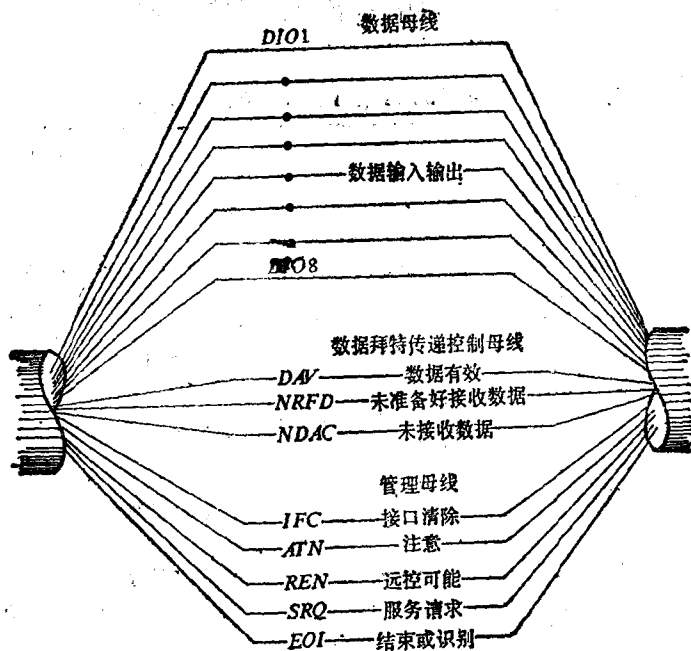


图 1-2 标准接口系统母线信号线

4. 数传方式

串行拜特(BYTE), 并行比特(BIT), 异步、双向传递, 采用三线挂钩技术。

所谓比特(BIT), 在计算机中即为二进制的的一个位, 而在标准接口系统中的“比特”, 没有“权”的含义, 每一条信号线载有一个比特, 即比特的数目与信号线的数目相等。

所谓拜特 (BYTE), 在计算机中常译为“字节”, 而在标准接口系统中, 一个拜特实际上代表了一个完整的字的含义。

在一组信号线上比特是同时出现的, 因而称之为并行比特。而在母线电缆上传递的信息所用的拜特, 则是串行的, 即一个拜特之后跟随着另一个拜特, 接连传递, 故称之为串行拜特。

5. 数传速率

标准接口母线在 20 米距离内, 若每 2 米内等效的标准负载相当于使用 48 毫安的集电极开路式发送器, 则最高工作速率为 250 千拜特/秒; 若采用三状态发送器, 则一般工作速率为 500 千拜特/秒。根据美国 HP 公司经验, 认为超过 1 兆拜特/秒的数传速率是可以实现的。然而考虑到经济性, 过高的数传速率也是不必要的。

6. 地址容量

一拜特地址可容 31 个讲者或 31 个听者。必要时, 使用二拜特地址, 可扩大到 961 个讲者或 961 个听地址。

在同一时刻里, 只能有一个讲者, 最多可有 14 个听者。

7. 控制转移

系统中的控制器称为“控者”。当系统中具有多个控者时, 则在一个时刻内只能有一个控者起作用(责任控者)。责任控者可以视具体情况从一个控者转移到另一个控者上去。

8. 消息逻辑

在母线上采用负逻辑, 即规定:

高电平($\geq +2.0$ 伏)为“假值”(逻辑“0”),

低电平($\leq +0.8$ 伏)为“真值”(逻辑“1”)。

9. 接口的收发电路

一般用 TTL 电路, 也可用三电平电路提高收发速度。

10. 接口功能

共有十种接口功能。

11. 一般适用于电气干扰轻微的实验室及生产测试环境中。

§ 1-3 母线结构

母线电缆内一共有 16 条信号线, 各器件通过母线互相并联起来, 如图 1-3 所示。这 16 条信号线, 按其所起的作用可以分为三组:

1. 数据母线

由 8 条 DIO 线构成数据母线(DATA INPUT OUTPUT)。DIO 线以并行比特串行拜特方式传递消息拜特, 数据传递的最高速率为 1 兆拜特/秒, 它可以输入也可以输出, 因此是双向母线。DIO 线的主要用途是:

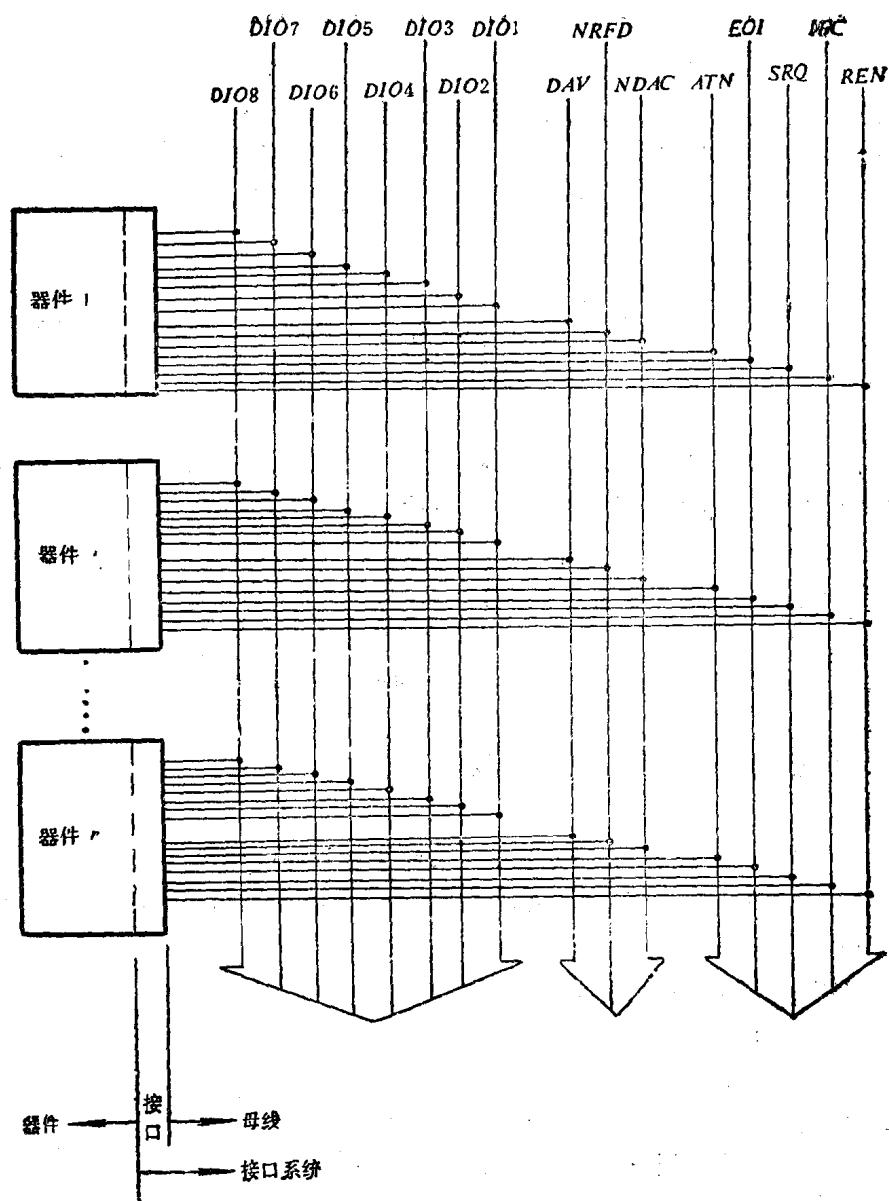


图 1-3 标准接口系统总线结构图

(1) 控者用来发布各种通令、指令、地址等多线消息。

(2) 讲者用 DIO 线传递器件消息给听者。

(3) 传递数据拜特。

因此 DIO 线的主要用途就是用来传递各种多线消息(无论它们是接口消息还是器件消息)。

在通用接口系统对全部接口消息的编码格式作了统一规定, 采用了国际标准化组织规定的 ISO 七比特字符编码(相当于美国的 ASCII 码)。

2. 挂钩母线(数据拜特传递控制母线)

“控者”或“讲者”每发出一个消息(一个消息即代表一个信息量), 並不一定要全部“听者”都收听, 若“听者”听了不是发给它的消息, 並据之动作, 那么整个 ATS 的动作就会混乱。

此外当一个系统中有多“讲者”时，“听者”将无所适从，不知该听谁讲的才是。因此，在传递消息时，必需要有序地进行，为此采用了三线挂钩技术用以保证正确可靠，毫不含糊地传递消息。

挂钩在英文中称为 Handshake，意即“握手”；在法文中称为 Dialogue，意即“对话”。在标准接口系统中，采用三线挂钩技术，利用 DAV, NRFD, NDAC 三条信号线组成挂钩母线来控制消息和数据拜特的传递，以保证信息从指定的“讲者”（或“控者”）传给指定的一个或几个“听者”。

这三条挂钩母线分别传递下列单线消息：

(1) DAV(DATA VALID, 数据有效)。当 DAV 线处于低电平状态时(逻辑“1”)，即 DAV 消息为真，表示各 DIO 线上载有有效信息，“听者”可以收听。若 DAV 线处于高电平状态(逻辑“0”)DAV 消息为假，表示各 DIO 线上无信息或无有效信息，“听者”不应该接收 DIO 线上的信息。

(2) NRFD(NOT READY FOR DATA, 未准备好接收数据)。当 NRFD 线处于高电平态(逻辑“0”)时，NRFD 消息为假，也就是 RFD 消息为真，这表示全部指定的“听者”都已准备好接收，也即向“讲者”示意可以发送出信息。反之，若 NRFD 线处于低电平态(逻辑“1”)，NRFD 消息为真，也即 RFD 为假，这表示指定的“听者”至少有一个未准备好接收。由上可知，各器件是以负“或”(正“与”)的逻辑方式联接到 NRFD 信号线上去的，也即几个“听者”器件中只要有一个“听者”未准备好则 NRFD 消息即为真；只有全部指定的“听者”都准备好了，NRFD 消息才为假(RFD 消息为真)，NRFD 线由“听者”使用。

(3) NDAC (NOT DATA ACCEPTED, 未接收数据)。当 NDAC 线处于高平态(逻辑“0”)时，NDAC 消息为假，亦即 DAC 消息为真，向讲者表明一切指定的“听者”均已接收到数据。当 NDAC 线处于低电平态(逻辑“1”)时，即 NDAC 为真，向讲者表明全部“听者”或至少有一个“听者”未接受到数据。因此各器件也以负“或”逻辑(正“与”)方式与 NDAC 线相联的。NDAC 也由“听者”使用。

3. 接口管理母线

母线内的 ATN, EOI, SRQ, IFC 和 REN 五条信号线组成了接口管理母线，用以管理接口的工作方式。

(1) ATN(ATTENTION, 注意)线。利用 ATN 线上所携带的 ATN 消息(由控者发出的)来规定各 DIO 线上的消息拜特应作何解释。当 ATN 线处于低电平状态(逻辑“1”)时，即 ATN 消息为真，这表示各 DIO 线上的消息是接口消息(即接口管理消息)，这时一切器件都要收听“控者”的广播，而且这时只有“控者”才能讲。当 ATN 线由低态变为高态(逻辑“0”)时，这表示 DIO 线上所载的是器件消息(即与器件密切相关的消息，如测试数据或显示数据，程控指令，状态数据)，这时只有受命的器件才能使用 DIO 线来传递数据拜特。

(2) IFC(INTERFACE CLEAR, 接口清除)线。“控者”使此线变为低态(逻辑“1”)，通令整个接口系统恢复到初始状态。当 IFC = 0 时表示各器件的接口功能可按自己的情况行事。

(3) REN (REMOTE ENABLE, 远控可能)线。控者通过此线来选择器件处于远控或本控。当 REN = 1 时器件处于远控，当 REN = 0 时器件处于本控。前者表示通过接口母线接受程控数据，后者表示通过面板或后盖板的按钮控制来接受程控数据。

(4) SRQ(SERVICE REQUEST, 服务请求)线。任何一个配置有服务请求功能的器件,可以使此线变为低态($SRQ=1$),用以向“控者”提出服务请求(如溢出,程序不明,量程超过等)。当 $SRQ=1$ 时表明系统中至少有一个器件工作不正常,并要求“控者”设法中断当前的事件序列,对故障进行查询处理。各器件也是以负“或”(正“与”)的逻辑与 SRQ 线相联的,即系统中只要有一个器件请求服务,则 SRQ 线为“1”,然后再由“控者”以串行查询方式来查询,搞清是哪个器件提出了服务请求。

(5) EOI(END OR IDENTIFY, 结束或识别)线。该线与 ATN 线配合使用,达到下列两个作用:

(a) 当 $EOI=1$ 且 $ATN=0$ 时用来(由一个“讲者”)表示一组拜特(由多个拜特组成)信息已经传递完毕。

(b) 当 $EOI=1$ 且 $ATN=1$ 时用来表示(由“控者”)执行并行查询(识别)操作。

有了这五条接口管理母线,就能井然有序地管理母线上的信息流通,其中 ATN, IFC, REN, EOI 皆由“控者”发出,用来管理接口的工作方式。SRQ 线使得接在母线上的各器件能向“控者”提出要求服务,请求中断。归纳以上各点,列表于表 1-2 之中。

表 1-2 标准接口母线信号线

组 别	信号线名称	信号线的使用者	消息类别	备 注
数据输入输出线 (共 8 条)	DIO1 DIO2 DIO3 DIO4 DIO5 DIO6 DIO7 DIO8	控者或讲者	远地多线消息包括 通令 UC 指令 AC 地址 AD 副令 SE 状态拜特 器件消息	1. 控者利用诸 DIO 线发布接口消息时,采用 ISO 码(即 ASCII 码) 2. 讲者利用诸 DIO 线传递器件消息时,其编码格式可由设计人员确定;但所用代码必须保证能与接口系统相容,并能有关器件识别
挂钩线(共 3 条)	数据有效 DAV 线	源方 SH 功能	远地单线消息	当 $DAV=1$, 表示 DIO 线上所载数据有效 当 $DAV=0$, 表示 DIO 线上所载数据无效
	未准备好接收数据 NRFD 线	受者 AH 功能	,	当 $NRFD=1$, 表示受者尚未准备好接收数据 当 $NRFD=0$, 表示受者已准备好接收数据
	数据未收到 NDAC 线	受者 AH 功能	,	当 $NDAC=1$, 表示受者尚未收到数据 当 $NDAC=0$, 表示受者已收到了数据
管理线 (共 5 条)	注意 ATN 线	控者 C 功能	远地单线消息	当 $ATN=1$, 表示 DIO 线上载的是接口消息 当 $ATN=0$, 表示 DIO 线上载的是器件消息
	接口清除 IFC 线	,	,	当 $IFC=1$, 有关接口功能必须被清除 当 $IFC=0$, 有关接口功能不被清除。
管理线 (共 5 条)	远控可能 REN 线	控者 C 功能	远地单线消息	当 $REN=1$, 表示一切器件均处于远控状态下 当 $REN=0$, 表示一切器件处于本控状态下
	服务请求 SRQ 线	欲讲者 SR 功能	远地单线消息	当 $SRQ=1$, 表示系统中至少有一个器件要求服务,欲成讲者,以报告该器件的状态拜特 当 $SRQ=0$, 表示系统中无器件要求服务
	结束与识别 EOI 线	控者的 C 功能或讲者的 T 功能	远地单线消息	当 $ATN=1$, $EOI=1$ 时表示点名识别,这时 EOI 线传递的是 IDY 消息 当 $ATN=0$, $EOI=1$ 时表示讲者已讲完了,这时 EOI 线传递的是 END 消息

标准接口母线设计了一种专用的电缆结构,它具有外屏蔽和外绝缘,包括 24 条芯线,其中 8 条作 DIO 线,另外 8 条作挂钩线和管理线,其余 8 条作地线并分别与对应信号线绞合。母线电缆的接头有两种形式,HP-IB 采用 24 芯“猪脊式”插头插座,GP-IB 规定用 25 芯插头插座。如图 1-4 所示,现将两种插头的接线方式列于表 1-3 中。

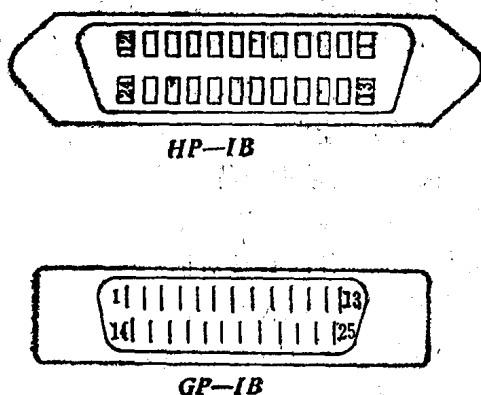


图 1-4 母线电缆连接

表 1-3 母线连接器(接插头)的引脚布置

HP-IB	接点编号	GP-IB	GP-IB	接点编号	HP-IB
DIO5	13		DIO1	1	DIO1
DIO6	14	DIO5	DIO2	2	DIO2
DIO7	15	DIO6	DIO3	3	DIO3
DIO8	16	DIO7	DIO4	4	DIO4
REN	17	DIO8	REN	5	EOI
地 6	18	地 5	EOI	6	DAV
地 7	19	地 6	DAV	7	NRFD
地 8	20	地 7	NRFD	8	NDAC
地 9	21	地 8	NDAC	9	IFC
地 10	22	地 9	IFC	10	SRQ
地 11	23	地 10	SRQ	11	ATN
逻辑地	24	地 11	ATN	12	外屏蔽
	25	地 12	外屏蔽	13	

注: (1) 对 GP-IB 规定的 25 芯插头插座而言接点 18 和 23 保留在必要时作公共逻辑地用。

(2) 地 8 即表示接头编号为 8 的信号线的地线,其余类推。

§ 1-4 接口功能及其子集

一、接口功能

在一个自动测试系统中,要进行有效的通信联络,一般至少要有三种类型的器件:

(1) “控者”器件:是对系统整体进行控制的器件,可以发出各种命令,发出听者或讲者地址,又能接受器件(讲者或听者)的请求和发来的信息。它使系统建立有序的通信,以及在个别器件失灵或通信路径中断时,系统也能重新建立起有序的信息流。

(2) “讲者”器件:是发出信息的器件,按照控者的命令发出数据并通过数据母线让其它器件(听者)接受,在一个系统中可以有一个或几个讲者,但不能同时工作,在某一时刻只

能有一个讲者工作。例如计算器、数字式电压表等都可作为讲者器件。

(3) “听者”器件：是接受讲者所发出的信息的器件，在一个系统中可以同时有几个听者。例如打印机、显示器等。

自动测试系统中各器件与接口系统之间的每一种交互作用称为一种接口功能，接口功能将由各台器件内部的接口逻辑电路来实现，它是接口系统中最重要组成部分。

有了这三个接口功能固然可以自动地传递消息，但却难以做到准确、可靠、无误的传递。为了确保两个或多个器件之间进行准确的、毫不含混的通信，讲者必须在“听者”能够接收信息的时候(准备好接收数据后)才能发出消息，而且只有在“听者”或“听众”已经收到数据后才能撤消原来发的数据，换上新的数据拜特。至于“听者”，只有确知数据母线上所载的数据(信息)是自己应接收的消息后才接收，对无效的消息应一概拒绝接收，要做到这一点，最好的办法是“讲者”器件和“听者”器件间直接对话。讲者向听者报告，数据是否有效，而听者向讲者报告是否准备好和数据是否已经收到了，我们称这种对话过程叫“挂钩”，为此分别设置了源挂钩功能(SH 功能)和受者挂钩功能(AH 功能)。源挂钩功能为讲者功能和控者功能服务；受者挂钩功能主要为听者功能服务。源挂钩功能利用一条专用的信号线(DAV 线)向受者挂钩功能发数据有效还是数据无效消息；而受者挂钩功能则利用两条专用线(NRFD 线和 NDAC 线)来向源挂钩功能发出是否已经准备好了和是否已经接收到了数据两条消息。由源挂钩功能和受者挂钩功能利用三条信号线进行挂钩，这种技术就称为“三线挂钩技术”。

有了上述五种主要功能以后，在正常情况下就能进行数据的传递了，也就是说，能完成自动测试任务了。但是，在测试过程中，并非永远都是十分理想的，而恰恰相反，往往不可避免的会出现这样或那样事先不能估计到的问题，或者虽能预计到有可能发生，但却不知在何时发生(例如程序不明、计数器溢出、锁相环路失锁、振荡器停振、打印纸用完等)，显然我们不可能在程序中预先安排对这些问题的处理，只有在器件出现问题之后主动向控者报告，並请求处理时，控制器才能进行处理。因此单靠前述几种功能，还没有使器件具有向控者提出服务请求的能力，是不能完成上述的要求的。为此增设了第六种功能，称为“服务请求”功能(SR 功能)。

在测试过程中，任何一台器件都可以通过器件自身的“服务请求功能”向控者提出服务请求。控者发现有器件提出服务请求之后，便知道在系统中至少有一台器件请求服务，因此应中断当前正在进行的序列，同时进行查询，以便进行服务。这种查询的方法和过程称为“串行查询”。所谓串行查询就是逐台地对器件进行查询，首先问器件 1 是否请求服务，若器件 1 回答“不是”；则问第二台器件是否要求服务，若器件 2 也回答“不是”；则问第三台器件……如此继续下去，直到查出要求服务的器件和其服务内容后方停止查询。並將请求服务的器件和服务内容告诉操作人员进行处理，或由计算机(控者)自动处理，使器件继续进行测量。

利用串行查询来进行查询，是一种必要的也是行之有效的方法，但这种串行查询的过程有时会相当冗长。为了补救这一缺陷，又设置了第七种功能“並行查询功能”(PP 功能)。

並行查询功能使控者具有同时向 8 个器件进行查询的能力。这样，任何请求服务的器件均能在不超过两次查询中被找到。但並行查询无法详细了解服务的内容，因此它与服务请求功能並無矛盾，而是互相取长补短。

第八种接口功能称为“远地/本地功能”(RL 功能)。自动测试系统中所使用的器件(仪器等)都是可编程的,程控指令的来源一般有两种方式:第一,本地程控,由器件的面板和背板上的开关、按键、旋钮等对器件进行程控称为本地程控,简称本控;第二,远地程控,由另外一台器件(一般是控者)从远地送来程控指令对器件进行程控称为远地程控,简称远控。显然一台器件在一定时间内只能处于一种程控方式,而不能同时处于两种程控状态。远控/本控功能就是为使器件具有选择远控或本控的能力而设置的。凡处于远控状态时,则器件的面板、背板上一切开关(电源开关除外)、按钮等均自动失效,不起作用;只有器件处于本控方式时,面板、背板上的开关、按键等才是可以操纵,且为有效。

第九种接口功能称为器件触发功能(DT 功能),这是一种十分简单的功能,它为有些程控器件必须在外界触发的情况下方能工作而设置的。

第十种接口功能称为器件清除功能(DC 功能),这也是一种很简单的功能,它是为一些需要清除或选定要清除的器件(如计数器、寄存器等)而设置的,器件开始工作前,必须依靠这一功能回到某一初始状态。

通用接口系统一共设置了上述十种接口功能,每种接口功能都能起一定的作用,赋与器

表 1-4 十种接口功能

接 口 功 能 名 称	代 号	作 用
源 挂 钩 Source Handshake	SH	与 AH 共同确保每条消息拜特的异步传递,从而使器件能够适当地发送多线消息
受者挂钩 Acceptor Handshake	AH	与 SH 共同确保每条消息拜特的异步传递,从而使器件能够恰当地接受多线消息
讲 者 或 Talker or 扩大讲者 Extended Talker	T TE	当器件被寻址作为讲者时,使器件具有通过接口向其它器件发送数据,或与 SR 共同响应串行点名时序的能力
听 者 或 Listener or 扩大听者 Extended Listener	L LE	当器件被寻址作为听者时,使它具有通过接口从另一个器件那里接受数据的能力
控 者 Controller	C	使器件能够向其它器件发送地址、通令和指令、控制系统的运行,还具有进行并行点名的能力
服务请求 Service Request	SR	使器件能够向控者异步地提出服务请求
并行查询 Parallel Poll	PP	使器件不必被寻址为讲者,就能对控者的并行查询时序作出响应
远地/本地 Remote/Local	RL	使器件能在两个输入消息源——本地(由面板控制来的消息)和远地(由接口来的消息)之间作出选择
器件触发 Device Trigger	DT	使器件能单独地或成群地开始动作
器件清除 Device Clear	DC	使器件能单独地或成群地回复到起始状态