

计算机控制的测试与仪器

IEC-625: IEEE-488总线概论

〔英〕 马丁·科罗姆斯 著

曹志刚 乐正友 译

Martin Colloms
**COMPUTER CONTROLLED TESTING
AND INSTRUMENTATION**

An introduction to the IEC-625:

IEEE-488 Bus

PENTECH PRESS Limited 1983

**计算机控制的测试与仪器
IEC-625; IEEE-488总线概论**

[英]马丁·科罗姆斯 著

曹志刚、乐正友 译

责任编辑: 路石

*

电子工业出版社(北京市万寿路)
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
海丰印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 1/32 印张: 6.25 字数: 140千字

1985年11月第1版 1985年12月第1次印刷

印数: 8000册 定价: 1.40元

统一书号: 15290·283

前 言

在本世纪七十年代初研制出来的通用接口总线(GPIB)已发展为若干国内和国际标准,从而成为在仪器的数据采集和远程控制中使用得最广泛的、最好的接口系统。目前已有上千种不同类型的仪器和计算机设备是总线兼容的,而且大部分新产品都采用IEC-625: IEEE-488总线。与控制、测试系统或订购使用仪器有关的每个人都应该了解 GPIB,知道它的功能、优点及其复杂性。

多年来,我在一个小型电声实验室工作的过程中,一直与GPIB打交道,我开始强烈地感到,在GPIB这个课题方面缺少已出版的书籍。除了制造厂家本身的专用资料之外,看来还需要一本专门介绍GPIB理论和其广泛应用的书。因此,本书的目的是全面地介绍这种总线,并试图回答实现一个新的GPIB测试系统时出现的许多问题。

本书前两章对GPIB及其结构进行一般性介绍,并比较详细地研究总线规范、电缆接口、硬件及软件建议。第三章讨论对控制器的要求,并给出很多现代控制器的实例。第四章叙述控制系统的若干应用及其软件实例。第五章综述与GPIB系统、特别是与控制器有关的外部设备及其未来的发展。最后一章讨论总线上出现的问题、编程中的障碍以及故障诊断方法,并以总线分析器和扩展器结束这一章。

书后附有一些有用的资料,包括:数据代码和接口、GPIB设备的生产厂家清单、建议采用的单位和符号、IEC-

625:IEEE-488助记符及定义，术语汇编以及接口功能的能力说明。

马丁·科罗姆斯

目 录

第一章 GPIB概论.....	(1)
一、自动测试	(1)
二、通用接口总线 (GPIB)	(8)
三、讲者—听者—控制器	(5)
四、总线和兼容设备	(7)
五、总线运行异常	(9)
六、标准代码和格式	(10)
七、仪器性能的增强	(11)
八、错误标志	(11)
九、简单的命令程序	(12)
第二章 GPIB结构: 硬件、操作、编程和代码	(13)
一、引言	(13)
二、GPIB的物理和电气性能	(13)
三、接口功能	(19)
四、代码和格式	(38)
第三章 GPIB计算机控制器: 性能、应用和装置	(45)
一、控制器的一般要求	(45)
二、控制器属性	(49)
三、低价格控制器	(52)
四、模块化控制器	(63)
五、低价格的GPIB专用控制器	(65)
六、中等价格的设备	(69)
七、较高速的16位控制器	(72)
八、具有图形显示的控制器	(74)

九、先进的测试专用控制器	(75)
十、关于购置控制器和系统的考虑	(81)
第四章 控制系统和软件示例	(84)
一、引言	(84)
二、通过GPIB控制器增强设备性能	(85)
三、完整的音频测试系统	(100)
四、其它接口的应用	(104)
五、是控制器命令还是仪器命令	(108)
第五章 仪器、外围设备和总线	(110)
一、概述	(110)
二、总线实现	(114)
三、外围设备	(124)
四、扩展器	(132)
五、未来的发展	(133)
第六章 编程造成的意外停机、总线分析仪和扩 展器	(134)
一、引言	(134)
二、编程造成的意外停机	(134)
三、总线分析仪	(137)
四、扩展器	(145)
文献资料	(153)
附录1 数据代码和接口	(153)
附录2 GPIB 设备的生产厂家(略)	(154)
附录3 建议采用的单位和符号	(155)
附录4 IEC-625; IEEE-488助记符及定义	(157)
附录5 术语汇编	(164)

附录6 接口功能的能力说明.....	(173)
汉英名词对照及专用名词	(179)
参考资料	(189)

第一章 GPIB概论

一、自动测试

众所周知,电子测试需要较高的费用和复杂的现代测试系统。这种费用和复杂性还在逐年增加,而操作这些系统所需的熟练技术人员却日益不足。因此,减少系统费用,增加系统的灵活性以及不需要有熟练的操作人员这种解决办法具有极大的价值,而IEEE-488总线正是这种解决办法的希望所在。

手动操作的测试装置是由一组昂贵的测试仪器和信号源组成的。一个熟练的操作人员在手动测试时需要进行无数道费时的步骤,如仪器调整,校准,接插件/电缆转换及读数。通常,这些步骤都写在一个报告文件中。与手动测试相比较,自动测试系统(ATE)在速度、一致性和操作技巧方面的优越性是显而易见的,但这种系统可能非常昂贵。自动测试系统受一台小型专用计算机控制,并依据为满足具体的产品测试步骤需要而编制的专用程序运行。这种系统结构固定,在承担不同的任务以前往往需要由专家作较大的变动和重新编程。然而,在测试高档产品时,如果其测试步骤需要反复进行或者有大量的项目需要测试,则自动测试系统具有较强的能力和经济效益。目前,对正在生产的、种类繁多的大规模集成电路产品进行测试是这种系统的一个主要发展领域。

ATE系统一般使用独特的内部通信接口来对该系统中的不同设备（如数字电压表，频率计数器等）进行数据和命令的传送与控制，但是，各厂家制定的这些控制线或总线一

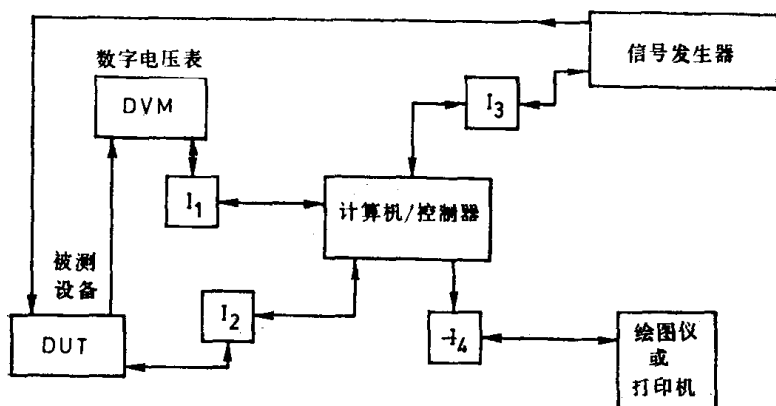


图1.1(a) 早期受控测试系统的结构。大多数的设备都有接口，并有不相同的总线电缆。控制器通过复杂的程序为每一台设备所需要的I/O服务（ $I_1 \sim I_4$ 是各自的接口）

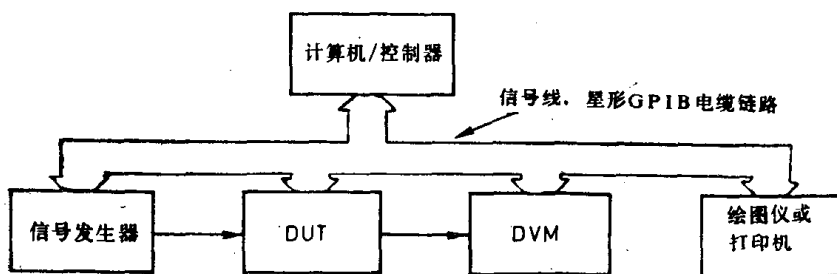


图1.1(b) GPIB设备的配备。利用合理的编程，可以只用一个GPIB I/O端口的服务系统

般互不兼容。

市场上可以买到装有总线接口单元的单台设备，例如用来从电压表、计数器等各种数字仪器输出数据的BCD（二进制编码的十进制数）转换器，以及常用来把字符数据传送到外设（如打印机）的RS-232接口设备。在一定条件下，RS-232还可用来驱动小型“智能”测试系统，特别是较快、较专门的测试系统（图1.1(a)）。

二、通用接口总线（GPIB）

显然，对生产测量和测试设备的厂家来说，需要生产更通用和更有智能性的产品，美国的一家较大工厂迈出了开创性的一步，他们研制了一种合理的，多少有些智能性的接口通信装置——HPIB（Hewlett-Packard接口总线）（图1.1(b)）。这种装置早在1970年就得到其它一些主要公司的广泛接受，随后，IEEE和IEC专业小组成员又对这种装置进行了研究，并于1975年把它提出来作为IEEE-488标准，1978年又对这个标准作了较小修订，其内容和国际标准IEC 625-2相同。但HPIB仍为其商标拥有者采用；其它的名称还有GPIB（通用接口总线）和ANSI MC1.1-1975⁽¹⁾。在欧洲则用通用的标记IEC表示（它采用不同型式的连接插头）并称之为IEC-TC625/IEC-625，本书将把这个名称和GPIB都叫做GPIB，或者叫做总线⁽²⁾。预计，IEC不久将为这两

（1）ANSI为美国国家标准协会—译注

（2）BS6146是IEC-625的英国仪器

种型式的连接器制定文件，而这两种连接器的转接是比较简单的。

GPIB是一种接口装置，它允许设备同时互连在公共通信线路上，其中包括一台计算机控制器。控制器能方便地管理仪器运行状态并指挥仪器完成测量任务，所测得的数据可通过总线直接传送到打印机或控制器上显示、存储或处理。控制器也能管理多组仪器，这样就能对被测产品建立完整的测试程序。

在图1.2的结构配置中，一个简单的程序就能命令可编程信号源在所需要的频率点上输出已设定好电平值的电压信号到被测放大器，而且，在每一个频率点上，数字电压表能读出被测设备的输出电平值，并由计算机将这些电平值存储。然后，可将这些与频率有关的增益值与程序中预置的参考值相比较，以判断被测设备是否合格，也可将这些数据打

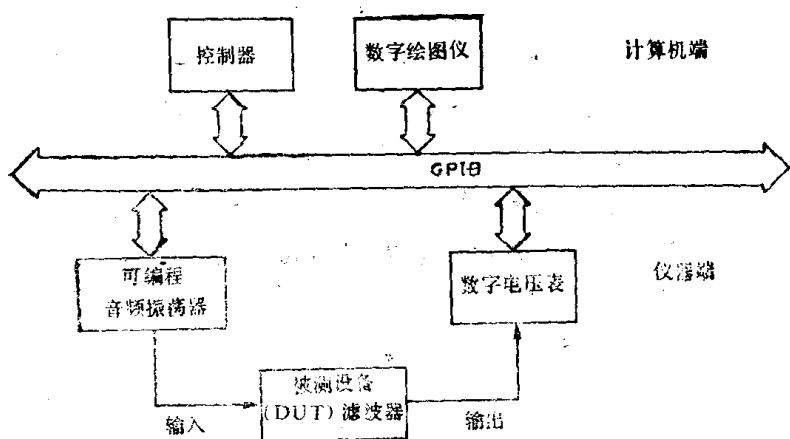


图1.2 测量幅度、频率的总线测试系统

印出来，或以通常采用的幅度-频率曲线形式自动画出图形。

当所配置的测试系统不再需要时，可将其各个设备拆除，而拆下的设备可和另外的设备及一个新程序一起重新组成一个新的测试系统，也可以将这些设备仅作为一般的测量仪器单独使用。

在基本的GPIB标准中至多允许包括计算机/控制器在内的15台仪器互连（在第二章，将叙述通过二次寻址可使这个数目得到扩展）。这个标准的内容包括数据有序传送的方法，设备分别寻址的方法、以及对各设备运行状态进行扫描的方法。最近，有关语法及标准总线管理命令的建议已经提出，因此，GPIB将在控制器和由控制器管理的设备之间作为一个有活力的互连链路。

GPIB上的设备一般是测试仪器，然而，计算机外设也正在成为GPIB上较常见的设备，这些外设的范围从大容量存储部件，如盒式磁带及磁盘，到字符-数字打印机和数字绘图仪。

三、讲者—听者—控制器

根据与GPIB有关的设备功能，可将设备分类为“讲者”、“听者”、“控制器”。讲者能输出数据，如简单的数字电压表（DVM）；听者只能从GPIB接收数据，如打印机；控制器能管理GPIB上的通信，以使系统按适当的命令正确运行。讲者/听者可以是一台控制器，但更明确地说，它是一台完善的仪器，当它作为听者被寻址时，它能接收程序和量程指令；而当它作为讲者被寻址时，它能输出数据

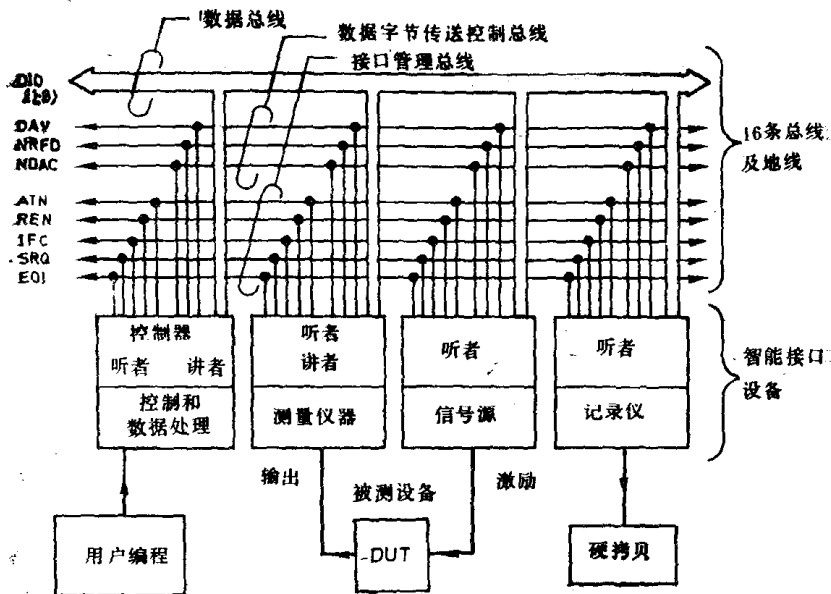


图1.3 GPIB

(图1.3)。

大量廉价的计算机控制器在用到 GPIB 功能时，一般都相当方便，它们使用一种和简单英语相似的编程语言——BASIC（初学者通用符号指令码）语言，因此，控制器的使用和重新编程都比较容易。

通过每条链路上可以锁紧的连接器的，很容易实现 GPIB 的连接，而且只要仔细选择电缆长度，则线形和星形两种连接方式都可采用。

四、总线和兼容设备

在总线的许多属性中应注意以下几点：

(1) GPIB具有较高的工作速率，其传输速率能达到1兆字节/秒。

(2) 不同数据速率的设备一般可以互连而不会出现问题。

(3) 在某些情况下，没有控制设备的系统也能工作，接口的“高智能”允许某些设备直接通信。

为符合接口标准的要求，每一台与总线兼容的设备都应通过其机内的GPIB接口互连，一般，这种接口本身是一种相当复杂的、采用微处理器的部件。的确，直到最近，由于实现这个接口的成本高，使它不能在任何方面都得到应用而仅用于成本较高的高性能设备。然而，随着为GPIB接口而设计的、廉价的专用大规模集成电路(LSI)芯片的出现，这种情况已经发生了改变。

每台仪器除所需的接口功能外，还具有它本身的专门功能，这些专门功能的拟定与接口功能无关。接口形式还取决于连在总线上的设备类型，例如，象行式打印机那样的简单部件，它和频率计数器相比就有不同要求。后者能接收量程选择命令并输出测量结果，而打印机基本上只需接收数据，然后自动打印。

对总线而言，在通常概念上，根据总线设备的需要和条件，可将总线设备分类为听者，讲者，控制器。听者能接收来自其它信号源的数据，如简单的打印机、显示器、信号源

和可编程电源等。讲者实质上是测量仪器，如频率计数器、数字电压表、分析仪等，它们能发送数据到计算机或打印机等其它设备上。控制器能控制总线上数据信息的流动，并能发出信号使某一台或某几台设备听，并让某些设备讲，此外，它还能发出总线管理所需要的特殊命令。即使实际应用已证明，把控制器功能放到任何其它仪器中去实现也是可行的，但通常还是由计算机（往往是小型台式计算机）来实现控制功能。

控制器在维持秩序及联络设备间信息交换方面起主要作用。为此，每台设备必须具有唯一的地址或名字，GPIB规范给出了这方面的具体规定。按照规范所定义的规则，在同一时刻，总线上只能有一个讲者讲，而其它所有设备可以同时听。为满足需要信息的数据速率最低的听者能理解或获得信息，总线上的数据速率将自动进行调整。这种调整是通过一个有效信号交接程序来实现的，即在每个信息包后，把听者的“消息收到”信号传送到总线上来。

如果采用一台更实用的控制器，则讲者/听者/控制器的差异就不明显了。当对仪器远程编程时，为取得读到总线上的相应测量仪器的信息，控制器除必须具有讲方式外，还应具有听的能力。对一个接口上的讲与听部分分别提供单独的地址，则该设备可以同时工作在讲方式和听方式，但是，这种情况一般不用。通常，设备正在讲时，它自动处于不听状态。现在，许多仪器都符合这种“讲者/听者”分类。例如，大多数测量仪器都是可编程的，并能听能讲——既能接收数据也能输出数据。

当控制器只一般用来唤醒总线上的仪器并给出注意信号

时——这通过寻址系统和接口控制线来完成，则可以组建一个不需要控制器的系统。如果设备能由本地或手动置为“只听”状态，且总线上只有一个有效的讲者，则这种大体固定的寻址状态允许那台唯一的讲者传送数据到该总线上的听者。

虽然在同一时刻只允许一个现行控制器，但为预防万一，有时在系统中连有多台控制器。例如，一台控制器可以放在较远而安全的地方；而另一台控制器则放在可能出故障的地方。通过适当的总线命令，控制权可由一台控制器转移到另外一台控制器。

五、总线运行异常

为避免读者产生“系统是十分安全可靠”的误解，下面举些例子说明系统中可能会出现的问题。事实上，用于 GPIB 的廉价计算机，相对总线的某些要求方面而言并不标准，特别是在连接器型号（如用印刷板插头座代替专用插座）、语法及可用的命令方面。为处理在任何情况下始终都不能解决的异常现象，需要另外编写程序。此外，在我们的工作中，曾把一台完整的 GPIB 控制器和一台名义上也是完整的 GPIB 仪器组连在一起时，也曾遇到过故障。研究此故障后发现，该仪器厂家自己生产的控制器在命令后面自动发送一条必不可少的“CRLF”（回车/换行）字符。为正确运行，对不是该厂的控制器，需要人工加入 CRLF 命令语句。但是，在厂家给的设备说明书中，这样的细节经常被忽略。

六、标准代码和格式

目前，由于已定义的 GPIB 标准对所传送的数据信号没有提出具体的代码与格式，因此，它不能确保完全的兼容性。尽管能防止故障的电气兼容性与基本的通用命令结构已得到保证，但基本的通信“语言”却仍然没有建立。因此，已有几个厂家研制了他们自己的格式或接口语言。他们选择的格式可以影响设备成品的造价，但是，由于减少成本，而导致了系统操作方式的不同，并使得某些设备只具有一种折衷的总线功能。

有些厂家甚至在某些设备中删掉了重要的 SRQ（服务请求）功能。盲目地将这些设备互连，可能引起系统操作失灵，或者由于含义不明确的总线操作而使设备错误地理解原定命令。由于 GPIB 的使用价值，以及用大规模集成电路（LSI）组件很容易使总线协议在相对较少的成本上顺利地得到完整实现，因此，厂家在设计仪器时多半不会再象过去那样吝啬了。

在写本书的时候，IEEE 委员会正在召开拟定准则和为数据代码及通用格式，特别是有关仪器的可编程指令方面提出具体建议的会议，这些内容将作为 IEEE 728 得到批准。可以预料，目前实际应用的主流，即每段消息由标题和带有分隔符可选择的数字字段组成的格式将继续使用下去。IEEE 728 基本上是关于代码及格式指南的国际性文件——即近来提出的 IEC 625-2 的美国版本。