

自动测试系统

高等学校教材

自动测试系统

张世箕 杨安禄 陈长龄

TP274

版社

电子科技大学出版社

高等学校教材

自动测试系统

张世箕 杨安禄 陈长龄



电子科技大学出版社

• 1990 •

①
甲
自

内 容 提 要

本书从实用的观点讲述利用通用接口母线 (GPIB) 组建的现代自动测试系统 (包括有关的原理、实施和应用)。GPIB即我国标准GBn249-85, 等效于国际 标准 IEC625或美国 IEEE488 和 HP-IB。本书由 GBn249主要起草人撰写, 内容包括GPIB的各项规定、作用及原理, 测量设备的程控方法, GPIB与计算机的配合, 自动测试系统的组建及测试 程序的编制等, 并附有大量实例及实用程序。

本书适于作大学本科或研究生教材, 亦可供有关工作人员自学或工作时参考。



高等学校教材

自动测试系统

张世英 杨安禄 陈长龄

电子科技大学出版社出版
(中国成都市建设北路二段四号)
四川省金堂新华印刷厂印刷
四川省新华书店发行

开本 787×1092 1/16 印张 13.75 字数 330千字
版次 1990年6月第一版 印次 1990年6月第一次印刷
印数 1—3200册

中国标准书号 ISBN 7-81616-200-4/TN·53
(15452·87) 定价: 4.50 元

出版说明

根据国务院关于高等学校教材工作分工的规定，我部承担了全国高等学校、中等专业学校工科电子类专业教材的编审、出版的组织工作。由于各有关院校及参与编审工作的广大教师共同努力，有关出版社的紧密配合，从1978年至1985年，已编审、出版了两轮教材，正在陆续供给高等学校和中等专业学校教学使用。

为了使工科电子类专业教材能更好地适应“三个面向”的需要，贯彻“努力提高教材质量，逐步实现教材多样化，增加不同品种、不同层次、不同学术观点、不同风格、不同改革试验的教材”的精神，我部所属的七个高等学校教材编审委员会和两个中等专业学校教材编审委员会，在总结前两轮教材工作的基础上，结合教育形势的发展和教学改革的需要，制订了1986~1990年的“七五”（第三轮）教材编审出版规划。列入规划的教材、实验教材、教学参考书等近400种选题。这批教材的评选推荐和编写工作由各编委会直接组织进行。

这批教材的书稿，是从通过教学实践、师生反映较好的讲义中经院校推荐，由编审委员会（小组）评选择优产生出来的。广大编审者、各编审委员会和有关出版社为保证教材的出版和提高教材的质量，作出了不懈的努力。

限于水平和经验，这批教材的编审、出版工作还会有缺点和不足之处，希望使用教材的单位，广大教师和同学积极提出批评建议，共同为不断提高工科电子类专业教材的质量而努力。

机械电子工业部
电子类教材办公室

前 言

本教材系按原电子工业部的工科电子类专业教材1986~1990年编审出版规划,由无线电技术教材编审委员会仪表与测量编审小组征稿,推荐出版,责任编委于英民。

本教材由电子科技大学张世箕担任主编,北京邮电学院于英民担任主审。

本课程的参考学时数为60学时,其主要内容包括: GPIB接口系统; 可编程测量仪器; 测量控制机; 自动测试系统组建及实例; 自动测试系统发展等。全书力求做到理论与实践相结合, 硬件与软件相结合, 原理与应用相结合。使用本教材时可根据学生的实际情况和先修课程酌情取舍内容。通过本教材的学习, 应使学生掌握自动测试系统的工作原理及特性, 能够正确地选择仪器和控制机并具有组建自动测试系统的能力, 能够编制测试软件, 并能进行实际操作。

本教材的第四章测量控制机以我国在长城0520计算机上开发的测量控制机为主体。第五章、第六章中选择讲述了一些国外流行的测量控制机, 目的是为了拓宽学生的视野。作为一种练习可以让学生使用不同的控制机编制应用程序, 从而提高学生的实际工作能力。

本教材由张世箕编写第一、五、六、七章, 杨安禄编写第四章, 陈长龄编写第二、三章, 并由张世箕统编全稿。参加本书编写工作的还有陈玉珍、郭绍日等同志。电子科技大学的郭成生、王树菁、郭玉明等同志都为本书提出过宝贵意见, 在此表示诚挚的感谢。由于编者水平有限, 书中难免还存在一些缺点和错误, 殷切希望广大读者批评指正。

编者

1989年于成都

7078/14

目 录

第1章 绪 论

§1.1 自动测试的意义	(1)
§1.2 自动测试的概念及其发展	(3)
§1.3 接口的演变	(5)
§1.4 第二代和第三代自动测试系统	(7)
习题和思考题	(8)
参考文献	(8)

第2章 GPIB标准接口系统

§2.1 GPIB的来由	(9)
§2.2 接口的基本概念和术语	(11)
§2.2.1 器件、系统和接口	(11)
§2.2.2 接口的要素	(12)
§2.2.3 信息的分类和传递	(13)
§2.2.4 次接口	(14)
§2.2.5 基本的接口功能	(14)
§2.3 GPIB的基本特性	(15)
§2.4 GPIB的母线结构和三线挂钩技术	(17)
§2.4.1 GPIB母线的结构	(17)
§2.4.2 数据母线	(18)
§2.4.3 挂钩母线和三线挂钩技术	(18)
§2.4.4 管理母线	(23)
§2.4.5 母线接插头	(23)
§2.5 串行查询	(24)
§2.6 并行查询	(26)
§2.7 接口消息的分类和编码	(28)
§2.8 GPIB接口的规定	(30)
§2.8.1 接口功能的划分和消息传递的途径	(30)
§2.8.2 接口状态图	(31)
§2.8.3 时限	(32)
§2.8.4 输出消息	(34)
习题和思考题	(34)
参考文献	(35)

第3章 可控测量设备的程控

§3.1 程控的基本原理	(37)
§3.2 GPIB接口和地址	(38)
§3.3 器件消息的构成通则	(42)
§3.4 数值的表示法	(47)
§3.5 测量数据的表示法	(50)
§3.6 程控数据的表示法	(51)
§3.7 状态数据的表示法	(52)
§3.8 显示数据的表示	(52)
§3.9 程控的宏指令	(53)
习题和思考题	(56)
参考文献	(57)

第4章 GPIB系统的主控机

§4.1 主控机的特点	(58)
§4.2 直接驱动式控制机	(59)
§4.2.1 接口硬件	(59)
§4.2.2 软件系统	(60)
§4.2.3 应用举例	(61)
§4.3 子程序调用式控制机	(64)
§4.3.1 接口硬件	(64)
§4.3.2 接口软件包	(70)
§4.3.3 测试程序举例	(80)
§4.3.4 IBIC的使用	(85)
§4.4 语言扩充式控制机	(87)
§4.4.1 接口硬件	(88)
§4.4.2 软件系统	(88)
§4.4.3 应用举例	(105)
习题和思考题	(112)
参考文献	(112)

第5章 自动测试系统的组建

§5.1 概述	(113)
§5.2 自动测试系统的组建工作	(114)
§5.3 测量仪器的准备	(115)
§5.4 主控机的准备	(118)
§5.5 自动测试系统的联接	(126)
习题和思考题	(127)

参考文献.....	(128)
第 6 章 自动测试系统举例	
§6.1 无控者的系统	(129)
§6.2 小功率计的调零和读数	(133)
§6.3 扫频测量系统	(136)
§6.4 增益和衰减测量系统	(144)
§6.5 功率探头的定标	(149)
§6.6 信号发生器检定系统	(155)
§6.7 压控振荡器特性的测量	(161)
§6.8 微波网络的自动分析	(174)
习题和思考题.....	(186)
第 7 章 自动测试的发展	
§7.1 第三代自动测试系统	(187)
§7.2 可编程测试接口	(192)
§7.3 测试技术的革新	(194)
§7.4 测试设计的策略	(198)
§7.5 测试的策略	(200)
§7.6 被测件的可测性	(201)
参考文献.....	(204)
附录A GPIB消息真值编码表.....	(205)
附录B GPIB接口功能子集.....	(208)

第1章 绪 论

§1.1 自动测试的意义

随着无线电电子学的发展及其在各方面的应用日益广泛,对电子测量技术和电子仪器系统提出愈来愈高的要求。测试项目和测试范围不断扩展,对测试速度和精确度的要求也与日俱增。

在大规模集成电路的研制和生产中,一块集成电路内就含有成千上万个门电路。要对它们进行详尽的测试,没有自动测试系统,依靠人工测试是根本不可能的。即便是中、小规模集成电路,由于产量大、用量多,人工测试也不能解决问题。

在相控阵雷达中,成千个发射单元的多种参数的调试和测量,没有自动测试系统也根本无法进行。即使是简单的微波元件,如滤波器、定向耦合器等,在宽频带内的调试、测量、检验,若靠人工进行,不仅旷日废时,也难以获得最佳结果。这些也都迫切要求测试自动化。

在电子对抗战中,人工控制的搜索、侦察系统,根本无法与自动频谱分析系统相抗衡。

现代的电子设备,不论是多么简单,要保证产品的可靠性,都必须作大量的测试。从每一个元、器件开始,一直到整机,中间许多工序都要对技术性能指标进行检验或测定。每一种测试往往包括许多测试项目,而每一项目又需在全频段的许多个频率点上进行。对于大批量的产品,没有自动测试系统,也是难以想象的。至于许多现代化的系统,例如庞大的通信网、复杂的过程控制、反应快速的武器系统等等,它们的研制、调试、维修等工作,对自动测试系统的依赖就更是不言而喻了。

众所周知,自动化的突出特点之一是高速度,可以节约大量人力。目前,自动测试的速度比人工测试一般可以快五十至五百倍。一个工作日8小时的人工测试,自动测试系统在10分钟乃至1分钟内就能完成。

然而,自动测试的意义还不仅限于此。自动测试系统依靠具有计算、处理能力的控制器(电子计算机),适时地切换量程或更换仪器设备,不难获得极宽的测量频率范围(例如,从直流即0Hz至18GHz甚至40GHz),和极广的测试动态范围(例如,达到100dB以上)。通过间接测量方法,可以用较简单的测试设备测出为数不多的几个基本参量,再由计算机换算出许多其他的参量,从而可使自动测试系统在硬件尽量简化的情况下达到多参数、多功能的测试效果。测试结果还可以用多种方式输出,如显示数字、图、文,打印数表、文件,描绘单色或彩色曲线、图形及各种字体等等。在测试过程中,还能作出各种复杂的分析、统计、判断、处理,并能进行自校准和自检查,甚至还可能作出自诊断和自修复。自动测试系统避免了人身误差,可获得十分良好的测试复现性;通过进行大量的冗余测量,进行统计、分析和折算,可以在很大程度上消除或削弱随机误差和系统误差,从而获得极高的测量精确

度。凡此种种，都是人工测试所难达到、甚至根本无法实现的。

上述种种技术上的突破，往往同时也带来重大的经济效果。通常，在电子技术和航天技术等尖端科技部门，花在测试上的人力物力常达到总人力和总投资的一半或更多。自动测试在人力物力上常可带来可观的节约。这种经济效益不易准确计算。Hughes公司计量中心曾提出如下估算公式⁽¹⁾：

$$I_c = N [R(u_0 H_0 - u_1 H_1) + \sum_{j=1}^J \Delta(rh)_j] - (VD + P) \quad (1.1)$$

其中： I_c = 每年费用改善数；

N = 每年测量对象的数目；

R = 每小时测试费用；

u = 测试设备利用率，下标0表示原来（人工）的，下标1表示改进后（自动化）的， $u < 1$ ；

H = 每个测量对象所需测试时间（小时）；下标的意义同上；

$\Delta(rh)$ = 其他劳务（如打印、绘图等）的改善，其中 r 为每一测量对象所需第 j 项其他劳务的每小时费用，而 h 则为该项劳务的工时；

V = 初始投资（自动测试系统的价格）；

D = 折旧率；

P = 程序编制及其他实施费用。

用此式（1.1）曾算出该公司某一套自动测试系统每年可节约十三万美元资金。

比节省工作时间和费用更为重要的是自动测试系统大大节约了宝贵的高级复杂劳动力，使之摆脱了烦冗的日常测试劳动，而把精力集中于分析测试结果，以改进产品的性能。另外，借助于自动测试系统，可以对元件、部件、组件和成品作出非常全面而充分的测试，这也大有助于保证并提高产品的质量。

除了在生产上使用之外，目前自动测试也广泛用于研究和研制工作中。以往，一个电子设备设计师常需在测试上花费三分之一以上的精力和时间。现在，他可以让自动测试系统在夜间或周末假日作测量，不仅精力可更加集中于设计，同时所得更为精确而且全面的测试数据可使其设计更臻于完善。

过去，科学研究、创造发明在相当大的程度上取决于个人的聪明才智，因为研究者不得不从有限的观测去猜想事物的本质和规律。现在有了优越的自动化观测手段，就可以从极其大量的观测结果利用统计方法来推断出事物的本质和自然规律。自动测试系统还可以不倦地长期连续监测事物的状态，从而捕获瞬息万变或稍纵即逝的稀有、突发事件，也可以通过大量数据的分析把十分隐蔽的现象揭露出来，例如通过大量平均或相关分析而检测出深埋于噪声中的信号。

现代生产和科学技术突飞猛进、日新月异这种新局面，与自动测试的发展是紧密相关、不可分割的。二者相辅相成，而相得益彰。如果说，科学技术的发展和进步有赖于测试，那么，反过来，自动测试的发展也有赖于其他科学技术的帮助，而以电子计算机科学技术的贡献尤为显著。

§1.2 自动测试的概念及其发展

就某种意义上说,从本世纪四十年代初期兴起的扫频测试技术,可以说是电子测量技术自动化的先声。这是在某些局部功能上采用模拟式自动控制的一类测量技术。这种技术在解决人工测试所难以完成的一些任务中(例如宽频带器件的调试等)是行之有效的,而且一直沿用至今,并几经改进。然而这类技术的缺点是测试功能有限,而且精确度不高。

真正的高速度、高精确度、多参数、多功能的自动测试系统,是电子测量技术与自动控制和电子计算机技术密切结合的成果,是电子测量仪器数字化与数字信息系统相结合的产物。众所周知,数字式仪器比模拟式仪器的精确度高得多,而数字系统则具有非常强的逻辑、计算和控制能力。

象许多新技术发展的情况一样,自动测试首先是由于军事上的需要而发展起来的。约在本世纪五十年代中期,美国在新发展起来的一代尖端武器(如含有大量电子设备的飞机和导弹系统)的维护检修方面,面临着许多棘手的问题。在这种背景下,提出了多用途的“万能”自动测试系统的概念。所设想的最终目标大体上可归纳如下:可以实际上不必依靠任何有关的技术文献(如被测件的技术说明书,仪器手册、测试手册等),由非熟练的人员上机进行几乎全自动的操作,并以电子计算机的速度完成测试,而且通过编程的灵活性还可以适应任何具体测试任务^[2]。在这个概念之下,美国国防部在1956年开始了一个称为SETE^①计划的研究项目^[3],这大概是现代自动测试的大规模研究的开端。后来的事实表明,自动测试在军事应用上虽然取得了不少成就,却远远未能达到上述终极目标^[2]。尽管采用了高速电子计算机来控制自动测试系统,但系统中的测试仪器以及被测对象却常常不能响应计算机那种高速度。大大降低了对操作人员的测试技能要求,却日益需要依赖一类崭新的技术人员,即具有高度技能的测试编程人员。通常的技术文件虽已被计算机软件所取代了,但又新添了另一些必不可少的技术文件,如每一类测试所需的一套独特指令和编程说明等。贪多求全的“万能”思想,导致自动测试系统变得日益庞大复杂,不仅造价高昂,而且因顾此失彼反而导致了测试性能下降。此外,还纠缠到许多组织、管理、采购、维修等额外的技术和经济问题中^[2]。不过,尽管如此,自动测试并未因此而遭到摒弃,而仍然日益得到发展。因为,除此之外,别无其他途经能解决现代军事测试任务。何况,自动测试所取得的成果中,有不少是可以推广移植到其他军事系统去的。自动频谱分析测试技术在电子侦察和电子对抗中的应用,就是一个明显的典型例子。

也如其他许多新技术一样,自动测试在发展到一定程度之后,很快就突破了原先军事应用的狭窄范围,并且在更为广阔的新天地中获得更大的发展。大约从六十年代开始,自动测试就应用于工业,并且吸取了早期军事上以高昂代价所换取的宝贵经验和惨重教训,抛弃了“万能”思想,而致力于有的放矢地着重解决生产上测试关键所需的“专用”测试系统^[4]。大约在六十年代中、后期,就有民用的成套自动测试系统出现在电子仪器商品市场上。人们

① SETE即电子测试设备协调部(Secretariat to the Electronic Test Equipment Coordination Group)的简称

逐渐认识到，任何制造业在生产上不拥有自动测试手段，在同行业的竞争中就会处于绝对劣势，甚至不可能完成其生产任务，这样的局面预料很快就会成为现实。因为，如前所述，自动测试在降低生产成本并提高产品质量方面会起决定性的作用。

自动测试系统发展中所遇到的两个巨大障碍是技术复杂以及因之而致的投资巨大。在七十年代初期，自动测试系统的价格大体上如表1.1所列⁽⁴⁾。虽然，如前所述，巨大的初始投资常可以从随后的节约和盈利中回收，但规模较小的企业却难以担负巨大的初始投资。此外，由于自动测试十分快速，所以如果测试工作不饱满，则自动测试系统无所事事的闲置也是一种巨大的浪费。这种情况似乎难以避免，除非自动测试系统能灵活地适应测试对象或任务的变更。因此，一度被迫放弃的“万能”系统的概念，难免令人重提。

表1.1 自动测试系统的价格⁽⁴⁾

价 格 范 围 (万美元)	性 能 概 要
1~3	专用的硬联接逻辑控制，间或有穿孔纸带或卡片输入，有打印输出或其他可供机器阅读的输出
3~10	小型电子计算机控制，可带一个或多个测试站，数据经计算机处理后输出
10~30	电子计算机控制的多个测试站系统，灵活多变的测试能力，完全处理好的输出
30~100	多台电子计算机联合工作的大系统，由中央控制多个远地测试中心及其“卫星”测试站

早期的自动测试系统大都是为某种测试目的而专门设计制造的专用系统，难以改作他用。约在六十年代后期，自动测试系统开始采取组合式或积木式的组建概念，即尽可能利用各种现成的通用仪器设备（或经略事改装），加上一台现成的电子计算机，来拼凑成所需的自动测试系统。这种积木概念简化了自动测试系统的组建工作，节省了不少人力物力，在许多实际应用中证明是成功的。这里举出一个简单例子来具体说明积木结构的概念。

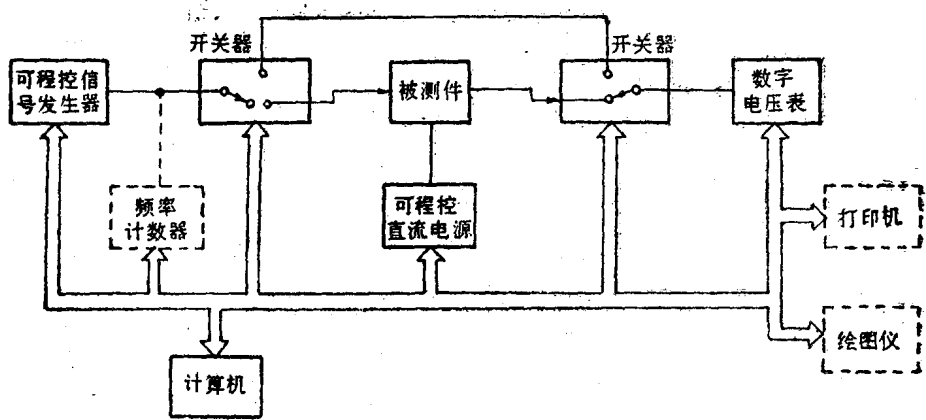


图1.1 测量频率响应的积木式系统

设欲测量一个放大器在不同供电情况下的频率响应变化情况，我们可以采用图1.1所示的积木结构。其中每一个方框（积木块）都是现成的通用电子设备。电子计算机，作为这个系统的控制器，按照事先编制好的程序，调置供电电源。然后逐步改变测试的激励源（可控的信号发生器）的频率。在每一频率，用频率计数器测出准确的数值（若激励源是准确的频率综合器，则可省掉这一环节）。通过开关器的切换，用数字电压表分别测量出被测件的输入和输出端的电压。一切测量数据都通入电子计算机，算出每一频率下输出与输入电压的比值，求其对数再乘以20（换算为分贝单位），即得被测件在每一频率下的电压增益。据此打印出表列结果，或绘出被测件的频率响应曲线。然后，再改变供电情况，重复上述各步骤，即得不同供电情况下频率响应的曲线族。

这个自动测试系统由现成的通用设备组成。这些设备，在测试任务完毕后，可以解散，仍可作为普通仪器设备而加以利用；或者可以利用它们组建成另外的自动测试系统，例如检验信号发生器的输出频率和电平是否符合技术指标，等等。

积木式结构无疑是一种成功的结构，问题在于各积木块之间（电子计算机也作为一块积木）的互相联接以及其间信息的交通联络，即所谓接口问题。关于接口的准确定义见第2章，这里仅就接口的概念及其演变作一简述如下。

§1.3 接口的演变

接口可以看成是数字式编码的程控信号和测量数据输出输入必经的道路。在1975年以前，可控测量设备的接口未标准化。在逻辑电平、编码格式、定时关系、信号线的多寡、接插头的形式、以及具体接口功能等方面，均各自为政，互不相容。例如，就信号线的数目而言，最少的可能只有一对线束传递串行比特（如电传打字机那样），多的可能多到一百条以上的数据线、控制线和状态线，如HP公司的一台频率综合器就有150条信号线，而计算机计数器则有163条信号线。在这样的局面下，建立一个自动测试系统时，不得不为系统内每一个组成部分（每一器件）再外加一个转换接口，来保证互相之间的相容性。每一个转换接口组装在一块印制电路板上，常称为接口卡片。全部接口卡片装在一个单独机箱内，称为接口箱。测试系统的一切器件都通过接口箱与系统控制器（电子计算机）的输入/输出通道相联接，如图1.2所示。图中各个方框所表示的器件还应有该器件本身原有的接口电路。接口箱内还需设有专门的接口管理电路，来维持各接口之间的“交通”秩序。不难理解，这种接口箱和接口卡片是专用的，即是专门为某一特定的自动测试系统的结构及其器件而设计制造的，于是接口的制造和设计都缺乏重复性，每组建或改建一个自动测试系统，都要重新设计制造接口箱，为此要

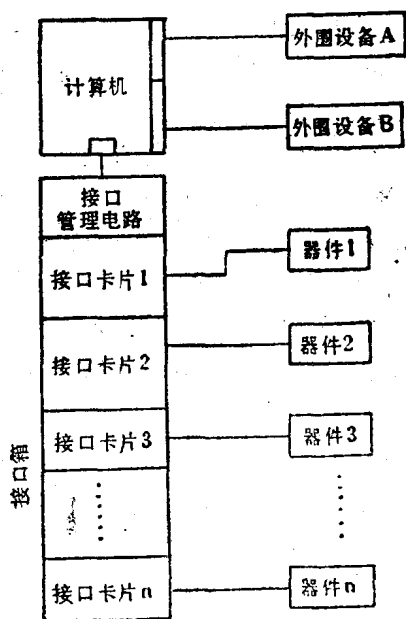


图1.2 老式接口系统和接口箱

花费不少人力物力，十分麻烦。

在六十年代末期，美国HP公司创造了新型的“仪用”小型计算机（HP2114, 2116, 2100等型号，本质上仍是通用计算机），把相对标准化的接口卡片插入计算机内的接口卡片槽中，可更换的接口卡片通过软电缆通到计算机前面可开启的门上，如图1.3（a）所示。然而这种标准化程度是很有限的，它只局限于一个公司的若干主要产品的范围内。因此，有时仍需另行添加附加接口，如图1.3（b）所示。此外，这种办法，从根本上说，与老式接口并无多大区别。

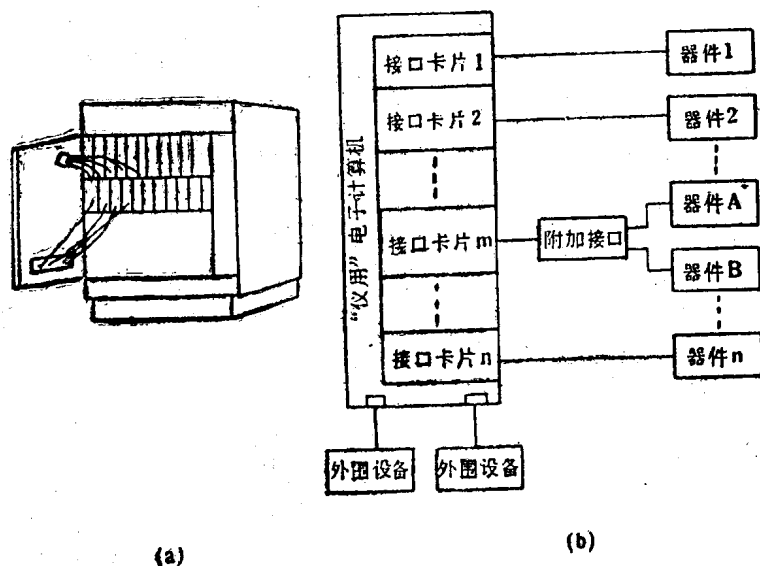


图1.3 “仪用”计算机与自动测试系统
(a) 内附接口卡片的“仪用”计算机
(b) 使用“仪用”计算机的自动测试系统

因此，接口的全面标准化和使用的简便化就成为自动测试系统发展中的一个极端紧要的关键。人们普遍希望能作出一种统一的、通用的标准接口系统，以便能适用于任何自动测试系统中来联接任何类型的器件。其最终目标应该是：全国、甚至全世界都按同一标准来设计制造可控测量设备的接口，并安装在各设备之内，那么就可以用标准化的无源电缆把任何厂家生产的各种型号的器件直接互相联接起来。如果电子计算机的测量或仪器接口也按此标准办理，则也就可以直接联接到系统中。这样一来，就可以根据具体测试任务的需要，选用合适的现成器件（包括电子计算机），随心所欲地、而且十分方便地组建成为所需的自动测试系统。系统也可以随时解散、重建或改组。系统内的各器件间仅用标准化的无源多芯电缆联接，所以各器件也就不一定必须安装在专门的机架或机柜之内，而可以随意散布在桌面上或室内各处，甚至可散置于几个实验室中。

针对上述目标，曾制订过不少为测量系统用的接口标准，其中以GPIB（见第二章）尤为成功，并且成为了国际标准。其应用范围已超出了自动测试的领域，而被用于通信、工业过程控制及电子医护系统等多方面。GPIB也被用于雷达中^[5]。

目前国外最新一代的电子测量设备以及不少台式或小型计算机，都争相配备GPIB接口，否则就难以在市场上竞争。图1.4所示配有GPIB接口的可控电子测量设备逐年发展的情况，不难看出其发展是异常迅猛的。

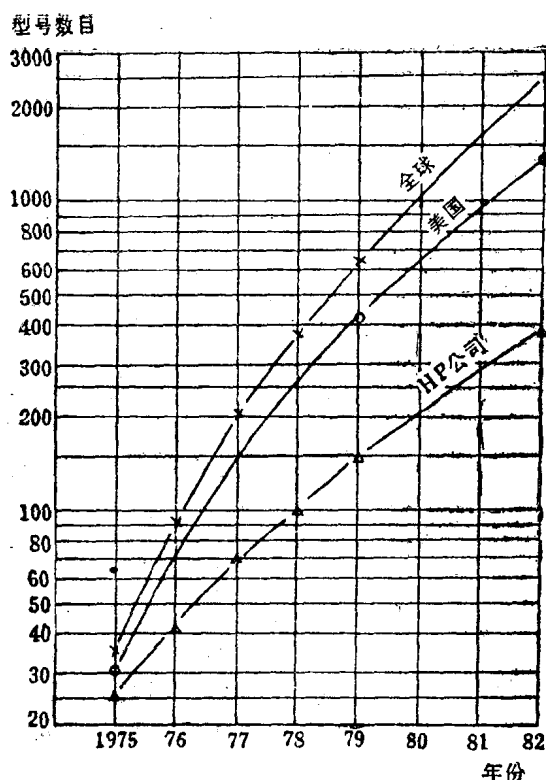


图1.4 配有GPIB的可程控测量设备的发展情况

§1.4 第二代和第三代自动测试系统

标准化通用接口系统可以说是自动测试系统中的一场革命。因此，常把配有标准化通用接口的器件按积木概念组建成的自动测试系统称为第二代的自动测试系统。

第二代自动测试系统的组建和使用都十分灵活方便，而且费用低廉。一般器件的标准接口部分的造价一般约在100美元左右，HP9800系列台式计算机的GPIB接口的售价亦不过500美元。此外，用第二代自动测试系统可随时解散或改组，故设备的利用率非常高。加之，随着大规模集成电路的发展，小型及台式计算机的价格已跌落到与一台测量仪器相仿。凡此种因素，都使第二代自动测试系统得以急剧发展和广泛流行，并日益普及到各种日常测试工作中。为此，第二代自动测试系统是本书的中心内容。

第二代自动测试系统的发展方兴未艾，而第三代自动测试系统的研究则又已经开始了。从图1.1所示例子不难看出，第二代自动测试系统仍是使用传统的测试设备（只不过配备了新的标准接口），其测试方法在本质上仍然只不过是传统人工测试的模仿。作为控制处理器的电子计算机，其能力尚未被充分利用。所谓第三代的自动测试系统，就是企图充分发挥电子计算机的能力，取代传统电子测量设备的大部分功能，使之成为测量仪器的一个不可分割的组成部分，并与整个测试系统融为一体，达到整个系统简化为仅由四块积木组成但却具备“万能”系统的能力。这四块积木就是：电子计算机，以计算机为其一个组成部分的激励源，采样器或以计算机为其一个组成部分的接收机，还有一个可编程的测试接口（或称为适

配器,即被测件与测试系统之间的联接部分)。第三代自动测试系统的出现,无疑将伴随着传统测量技术的革命。有关问题将在本书最后一章加以论述。

习题和思考题

1. 组建自动测试系统,开展自动测试有何意义?
2. 早期自动测试系统组成及其发展情况怎样?
3. 第二代自动测试系统的特点是什么?

参 考 文 献

- [1] T.Mukaihata and Johnstone, "Implementation and Use of Small Automated Test System, " Proc.IEEE, 66, No. 4, 403-414, April 1978.
- [2] F.Liguori (ed), "Automatic Test Equipment; Hardware, Software, and Management, " IEEE Press, New York, 1974.
- [3] D.M.Goodman (ed), "Automatic in Electronic Test Equipment. " New York University Press, 1968.
- [4] H.T.McAleer, "A Look at Automatic Testing, " IEEE Spectrum, May 1971.
- [5] C.E.Muche and C.S.Lin, " IEEE-488 Applied to Radar and Scientific systems, " Electro/76 Professional/Program, Presented at ELECTRO/76, Boston, Mass., U.S.A., May 11-14, paper 29-3, 1976.
- [6] G.C.Stanley, "Automatic Test System (HP-IB), " Lecture Text Prepared for Presentation to China Council for the Promotion of International Trade, Beijing, PRC, May 1979.

第2章 GPIB标准接口.

§2.1 GPIB的来由

如第1章所述,本书主要阐述利用GPIB标准接口系统来组建的所谓第二代自动测试系统。在七十年代曾出现过多种供自动测试系统用的接口标准,如表2.1所列,其中只有GPIB和CAMAC两种得以流传,而GPIB的使用尤为广泛(参阅图1.4)。

从1965年9月起,美国HP公司(Hewlett-Packard Co.)就开始研究对今后一切电子测

表2.1 自动测试系统用的标准接口系统

名称或代号		制 订 者	联接形式	公布时间	参考文献
BS-4421		英国	星 形	1969	[1]
SI-1, 2		民主德国	级联、星形	1970	[2]
IMS-1		经互会(CaB)(COMECON)	同 上	1973	[3]
Pegamat		西门子公司(Siemens), 西德	母 线	1970	[4]
SI-2, 2		民主德国	母 线	1971	[5]
SIAL		经互会	母 线	1972	[6]
Partyline		菲利浦公司(Philips), 荷兰	母 线	1972	[7]
GPIB	HP-IB	惠普公司(Hewlett-Packard), 美国	母 线	1972/1974	[8, 9]
	IEEE488	美国IEEE	母 线	1975/1978	[10]
	MC1, 1	美国ANSI	母 线	1975/1978	[10]
	IEC625	国际电工委员会(IEC)	母 线	1979/1980	[11, 12]
	SJ2479	中华人民共和国电子工业部	母 线	1984	[13]
	GBn240	中华人民共和国国家标准	母 线	1985	[14]
CAMAC	CAMAC	欧洲原子能委员会(Euratom)	母线和标准机箱	1975-1977	[15~18]
	IEC 516	国际电工委员会			
	IEC 547				
	IEC 552				
	IEEE583	美国 IEEE			
	IEEE295				
IEEE596					
NIM	美国原子能委员会(AEC)			[19]	
HP-IL		惠普公司(HP), 美国	环 路	1981	[20~22]