

高等学校教材

微计算机仪器系统

陈尚松

国防工业出版社

微计算机仪器系统

陈 尚 松

国防工业出版社

内 容 简 介

本书比较全面地论述了正在发展之中的微计算机仪器系统。这种以微计算机为基础的仪器系统，国外称为个人仪器或 PC 仪器。

全书共分六章。对微计算机仪器系统的原理、硬件、软件、接口技术、典型仪器卡及系统设计作了实用性的介绍。每章附有思考题与习题以及实验。

本书系高等院校电子仪器及测量技术专业的教学用书。同时，对电子类其他专业师生和关心微机在测试领域应用的工程技术人员也有一定的参考价值。

微计算机仪器系统

陈 尚 松

·

国防工业出版社出版

(北京市海淀区紫竹院南路23号)

(邮政编码 100044)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

787×1092 1/16 印张16³/₄ 385千字

1991年4月第一版 1991年4月第一次印刷 印数：0,001—1,500册

ISBN 7-118-00756-0/TM·24 定价：4.45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。

电子工业部教材办公室

前 言

本教材系按电子工业部的工科电子类专业教材1986~1990年编审出版规划,由无线电技术与信息系统教材编审委员会仪表与测量编审组征稿,推荐出版。责任编委为田良。

本教材由桂林电子工业学院陈尚松副教授主编,东南大学田良副教授主审。

《微计算机仪器系统》是介绍目前还处于发展之中的,以微计算机为基础的仪器系统。本教材在叙述中简称为“微机仪器系统”。国外称为个人仪器或PC仪器系统(Personal Computer Instrument Systems)。这是1982年才兴起的仪器门类;是CAT(Computer Aided Test)技术继第二代自动测试系统、智能仪器之后的新起之秀;是进入第三代自动测试系统的标志。学习和开发微机仪器系统,必将对我国电子测试仪器领域的发展作出新的贡献。

本课程的参考学时为40学时,其主要内容是介绍以常用的APPLE-Ⅱ和IBM-PC微机为基础的微机仪器系统。全书分六章,第一章绪论,介绍了微机仪器的组成原理、特点和发展概况。第二章典型微机系统,介绍微机仪器采用的微机系统的组成特性和选用方法。第三章微机仪器系统软件,介绍测量用编程语言与编程技术。第四章微机仪器系统接口,讨论仪器卡及外设与微机总线的互联技术。第五章典型微机仪器系统,介绍了信号源、数据采集系统、存储示波器等实例。第六章微机仪器系统设计,介绍了系统硬件、软件设计概则。使用本教材时应注意到本课程实践性很强,建议能安排30%以上的实践教学时间。教材每章都附有思考题与习题和演示与实验的内容,供教学中选用。书中凡有“*”号的标题,为选学内容,可视具体情况自行取舍。

本教材的基本内容在桂林电子工业学院曾经历三届十个班次讲授实施,这次正式出版是在原有两个版本油印教材的基础上的修订稿。本教材主要由陈尚松编写,其中第五章第一节由胡得时老师编写,第六章第二、三节由莫玮老师编写。王娟、郭铭等老师为本教材的实验和习题做了大量的工作;主审田良老师和编审小组的蒋焕文教授等为本教材提了许多宝贵意见,谨此一并致以诚挚的感谢。由于编者水平有限,书中难免存在疏漏谬误之处,殷切希望广大读者批评指正。

编 者

1989年7月于桂林电子工业学院

目 录

第一章 绪论	1
§ 1-1 CAT 技术简介	1
一、CAT 技术简史	1
二、CAT 技术的分类与特点	3
§ 1-2 微机仪器系统	4
一、组成原理	4
二、特点	9
三、发展概况	10
§ 1-3 课程目的与内容介绍	12
思考题与习题	13
演示与实验	13
第二章 典型微机系统	14
§ 2-1 微型计算机系统	14
一、微机系统的组成	14
二、微机的选用	15
三、典型微机系统	17
§ 2-2 APPLE-Ⅰ 微机系统的组成与特性	18
一、主机的系统特性	19
二、主电路板	20
三、电源	21
四、键盘	21
五、显示器	23
六、磁盘及其操作系统	24
七、打印机	25
八、中华学习机	26
* § 2-3 IBM-PC 和 0520 微机简介	28
一、IBM-PC 和 0520 的主机系统	28
二、硬件扩展	30
三、操作系统及软件	31
四、IBM-PC 系列微机的功能比较	31
思考题与习题	32
演示与实验	33
第三章 微机仪器系统软件	36
§ 3-1 测量用编程语言介绍	36
一、APPLESOFT BASIC 语言	37
* 二、IBM-PC 的 BASIC 语言	37
§ 3-2 数据的输入/输出	38
一、赋值	39
二、数据的键盘输入	39
三、读数、置数语句	41
四、从外设输入/输出数据	42

* 五、屏幕软面板技术	43
§ 3-3 屏幕字符显示输出	45
一、文本字符的显示	45
二、数据的格式化显示输出	47
三、显示形式的控制	49
* 四、文本“窗口”的开设	50
§ 3-4 绘图与制表	54
一、APPLESOFT 的绘图功能	54
二、绘图语句与应用	57
三、图形库	60
四、绘图功能在微机仪器中的应用	69
§ 3-5 音响、语言和汉字	78
一、APPLE-Ⅰ的音响功能	78
* 二、语音的识别与合成	81
三、汉字	85
§ 3-6 程序结构设计	87
一、软件的研制过程与方法	87
二、微机仪器常用的程序结构	88
三、数学模型	90
四、子程序和自定义函数	92
五、机器语言子程序的调用	92
思考题与习题	96
演示与实验	100
第四章 微机仪器系统接口	103
§ 4-1 APPLE-Ⅰ的 I/O 接口	106
一、输入/输出槽口(I/O SLOTn)	106
二、接口地址的分配	108
三、接口地址的译码	110
§ 4-2 I/O 接口的选通	113
一、I/O 的时序关系	113
二、PEEK 和 POKE 指令	115
三、典型的输出端口	116
四、典型的输入端口	118
§ 4-3 可编程 I/O 接口 8255A(PPI)	120
一、8255A PPI 简介	121
二、8255A 与 APPLE 之间的接口	123
三、8255A 应用举例	127
§ 4-4 I/O 与 CPU 的数据交换方式	130
一、无条件 I/O 与条件 I/O	130
二、条件 I/O 的两种工作方式	131
三、DMA 存取	132
四、PPI 8255A 用于条件 I/O	133
* 五、多用接口适配器 (VIA)6522 简介	139
* § 4-5 IBM-PC 的 I/O 接口	141
一、输入/输出槽口	141
二、I/O 接口地址的分配	143
三、槽口地址的译码	145
四、存储器的地址分配与使用	150

思考题与习题	151
演示与实验	152
第五章 典型微机仪器系统	153
§ 5-1 信号源	153
一、概述	153
二、锁相式频率合成函数发生器	154
三、直接数字频率合成信号源	164
§ 5-2 数据采集系统	170
一、概述	170
二、APPLE-Ⅱ 微机数据采集系统	173
三、A/D + D/A 卡的 I/O 寻址方法	175
四、数据采集程序	175
* § 5-3 数字存储示波器	179
一、概述	179
二、ascope 数字存储示波器	180
三、软件介绍	183
四、为 ascope 编写程序	186
* § 5-4 频谱分析仪	188
一、时间波形的获取	188
二、快速傅里叶变换 (FFT)	190
三、功能特点	190
* § 5-5 HP-PC 仪器系统	195
一、概述	195
二、PC 仪器的操作和控制	196
三、HP-PC-IB 总线系统	197
四、PC 仪器插入式组件	199
思考题与习题	200
演示与实验	201
第六章 微机仪器系统设计	204
§ 6-1 设计概则	204
一、微机仪器设计特点	204
二、测量方案的优化	205
三、系统结构方式	205
* 四、多微处理器系统	207
* § 6-2 硬件结构设计	210
一、电源和地线	211
二、隔离	215
三、A/D 与 D/A 变换器的抗干扰	218
§ 6-3 微机仪器系统软件设计	220
一、系统软件的设计	221
二、接口软件的设计	222
三、测试软件的设计	226
四、软件的抗干扰	233
* 五、软件的开发工具	235
§ 6-4 自检和自校准技术	236
一、自检和内部诊断	236
二、自校准技术	238

思考题与习题	240
演示与实验	241
附 录	242
附录 1 ASCII 码	242
附录 2 APPLESOFT BASIC 命令摘要	243
附录 3 微处理器 6502 的指令系统	252
附录 4 可编程定时器 8253	256
参考资料	260

第一章 绪 论

内 容 提 要

本课程介绍的微计算机仪器系统，是计算机辅助测试（CAT）技术的最新发展，故本章先介绍一下 CAT 技术的发展简史，然后概括地介绍微计算机仪器系统的组成原理、特点和发展状况。最后具体指出本课程的内容和任务。

§ 1-1 CAT 技术简介

CAT 是英文 Computer Aided Test 的缩写，直译为“计算机辅助测试”。本教材把凡是依靠计算机的参与来完成测试任务的，都归属于 CAT 技术。

一、CAT 技术简史

计算机用于测试领域早在 60 年代已经开始，那时已有采用计算机的数据采集系统、测试集成电路、印刷电路板或接收机之类器件与组件的自动测试系统。但是，由于当时计算机本身的庞大和昂贵以及与仪器之间连接的接口没有标准化，组建这种积木式系统必须自行解决麻烦的接口问题，因此应用不多，可称为第一代自动测试系统。

到了 70 年代，美国 HP 公司于 1972 年发表了 HP-IB 标准接口系统，受到普遍重视并得到广泛应用，逐渐成为国际通用的标准（有 IEEE-488、IEC-625、GP-IB 等多种叫法）。这样不论出自何厂的仪器，只要备有程控标准接口，就可以用通用的无源母线联接起来，组成一个自动测试系统，如图 1-1 所示。不用时又可将系统拆开，单独使用这些仪器。这种属于第二代的自动测试系统，能对多达 14 台仪器进行程控操作。

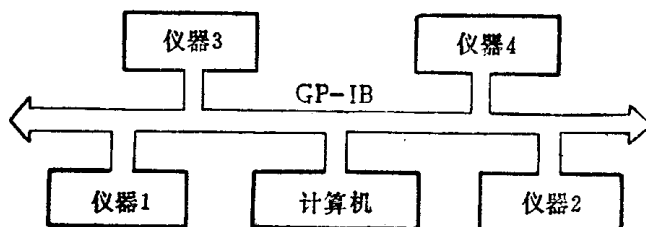


图1-1 采用标准母线的自动测试系统

与此同时，由于微处理器的问世，不少电子仪器纷纷装上了它。1973年美国 BOONTON 电子公司生产了第一台带微处理器的仪器（76A 电容电桥），随后得到了迅速的发展。据美国 1974、1975 两年的统计资料来看，微处理器的应用以测试领域最多，占全部微处理器用量的 16~18%。这种内附微处理器的仪器，既能自动测量又能进行数据处理，可取代人的部分脑力劳动。为区别于传统仪器，习惯上把它称为智能仪器，如图

1-2 所示。微处理器不仅作为仪器内部的控制器，而且可以把微处理器及外围芯片上的一些冗余电路利用起来，并可使仪器中一些硬件电路软化，使仪器变得更灵巧。目前繁用表、通用计数器、频率计、示波器、各种信号源、各种电桥及许多其它的专用测量仪器都有了相应的“智能化”产品，并且也备有 GP-IB 标准接口，便于组建成自动测试系统。

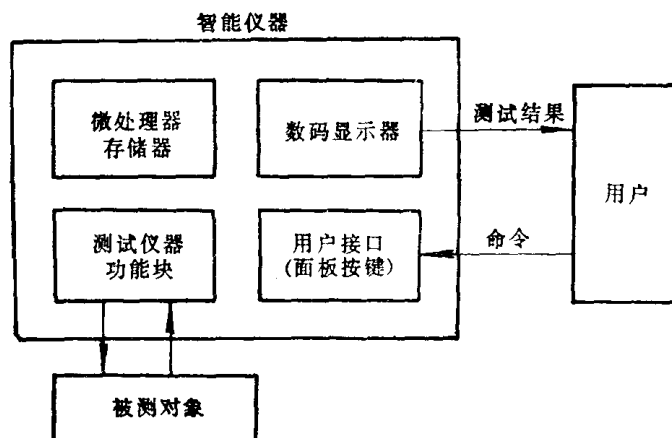


图1-2 智能仪器结构框图

无论第一代还是第二代的自动测试系统或是智能仪器，计算机主要作为控制器使用，并兼任数据处理。而测试本身仍由仪器进行，计算机和测量仪器界线分明，计算机的参与并不多，几乎仅限于模仿人工测试的操作。显然，这并未充分发挥计算机的作用。因此，又致力发展第三代自动测试系统，使计算机与测量系统融为一体，计算机本身成为测试功能的主体，既能产生激励信号，又能自动测量。从而大大降低对测量硬件的要求，并可用相当有限的测量硬件来代替一大堆形形色色的测量仪器。

到了 80 年代，由于个人计算机（PERSONAL COMPUTER）的广泛应用，1982 年以个人计算机为基础的个人仪器（PERSONAL INSTRUMENT）出现于测试仪器界。个人仪器可以看作是个人计算机功能的扩大，是在计算机内部总线上增加一些插座，或扩展为外部卡架（通常距离 1~3m），如图 1-3 所示。各种测量电路（可包括激励和测量两个方面的功能）以插件板的形式通过插座连接在内部总线上。其测试功能要依靠海量存储器（如磁盘）常驻程序来工作。个人仪器的概念是由美国西北仪器公司总裁 D. 伯克（D. Birck）于 1982 年首先提出的，他认为用个人计算机构成仪器是一条合乎逻辑的捷径。因为个人计算机系统中硬、软件资源可代替上述自动测试系统和智能仪器中的微处理器、存储器、接口电路、键盘和显示器，能减少大量重复设备，从而降低了仪器成本；而且不必每当推出一种新仪器都要从头开始设计。因此，它一经提出，就在测试仪器工业中引起了震动，发展迅速，方兴未艾。

由于个人仪器具有成本低、制造及使用方便、易于改进等一系列优点，故被认为是 CAT 技术一个新的发展方向。同时，个人仪器是在微型计算机的基础上加上少量通用硬件和应用软件后，就既能产生激励信号，又能自动进行测量。因此，国际上有人把个人仪器看作自动测试系统的第三代产品，也可以看作是智能仪器的第二代产品。

由于国内把个人计算机称为微型计算机，简称为微机，故本教材把个人仪器称作

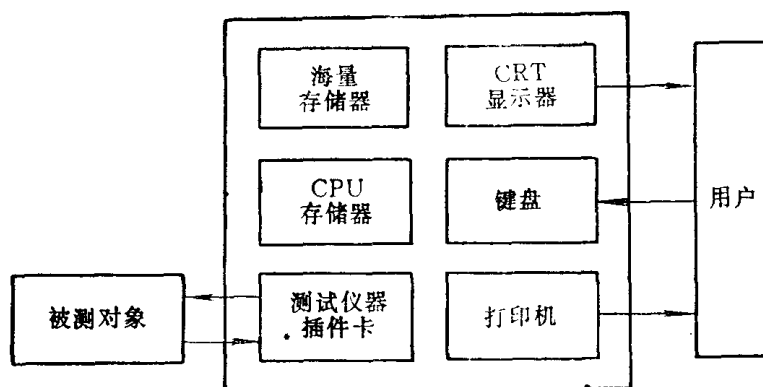


图1-3 微机仪器的结构图

“微计算机仪器”，简称“微机仪器”。这样叫法易于一般人所接受。

综上所述，当前计算机用于测试领域主要有以下三种形式：

1. 自动测试系统——测试仪器在计算机外部（彼此独立），用通用的标准母线联接。
2. 智能仪器——计算机置于仪器内部，一般用微处理器芯片自行设计计算机或用现成的单板机、单片机。
3. 微机仪器——测试插件置于计算机内部，可以看作微机功能的扩展。

这三种形式的区分，是从发展历程上建立的概念。事实上，它们都在不断地发展和改进，它们之间的差异日渐模糊。例如，微机仪器本身在结构上也在不断地改进。最初的微机仪器系统的形式是由一台个人计算机附加几块仪器插件板组成。其测量功能还比较少，到1984年，已出现具有更多功能的微机仪器系统。如有一种以IBM微机为基础的微机仪器系统，它带有两个插件板底座，每个底座可容纳七个插件卡，其中有一块GP-IB接口插件卡，这样一来，它不但可以具有13种测试功能，而且还能通过GP-IB接口总线与其他仪器相联接，构成一个自动测试系统，以完成更多的测试功能。

应当指出，在当今信息科学的时代里，计算机在测试领域的应用有着广阔的天地。军事系统中的测控，工业生产中的检测，精密标准中的计量……都迫切要求计算机的参与，使之具有完美的功能。这些测试系统的组成形式，基本上也是在上述三种形式的基础上建立起来的。

还应说明一点，不少书刊对计算机在测试中的参与程度作了具体的描述，以表述到达什么水准才能算作“智能化”或“微机化”，而又得不出一个公认的确切定义。故本教材不作具体的讨论，只笼统地把凡是计算机参与的测试，都称为是CAT技术，其参与程度越深，则其智能化水平就越高，或微机化程度就越强。

二、CAT技术的分类与特点

1. CAT技术的分类

CAT技术根据其能够完成的任务，通常分为如下三种方式。

(1) 测量方式

这种方式用于设备参数的测量或产品质量的检验。例如，对网络参数的测量，对放大器增益、带宽的测量，对电视接收机灵敏度的测量等。

(2) 采集方式

这种方式用于数据采集、参数监控。例如，对某系统的温度进行巡回检测，对某生产过程中诸参数进行监视等。

(3) 程控方式

这种方式用于过程控制、可编程激励等。例如，数控车床、程控波形发生器、程控电压（电流）源、程控增益或衰减等。

应当指出，上述分类之间并非绝对没有联系，相反地，它们经常是互相渗透，以致没有明显的界限。

此外，在一个复杂的以 CAT 为基础的设备或系统当中，上述几种方式中的两种或者全部均要用到。

2. CAT 技术特点

由于利用了计算机，CAT 所应用的场合不但测试可以在程序控制下自动进行，而且对测试数据能够及时分析处理，从而带来一系列的技术特点：

(1) 测试速度快。由于在计算机控制下测试自动进行，其中包括自动调整、记录和数据处理、显示和输出结果等，测试速度一般比人工测试要提高几十倍甚至几百倍。

(2) 测试精度高、性能好。CAT 技术通常都能自选量程，自动校准并能把系统误差存储起来，再从测量数据中扣除，从而显著提高了测量精度。同时，在分辨力、测量范围和频带宽度等方面也有相应的改进。此外，一个 CAT 系统一般都具有多种参数测量能力。

(3) 能进行数据处理。这是 CAT 的突出的优点。利用计算机的计算功能对测量数据进行分析处理，可以根据预先给定的容限进行自动分选；可以进行测量结果的非线性校正；可以变换量纲标度转换直接显示间接测量的结果等。通过软件灵巧的设计，可以使 CAT 系统具有更多的“智能”。

(4) 设计制造容易，维修简便，可靠性好，性能价格比高。CAT 系统粗看起来复杂，其实不然。由于利用了计算机，用软件代替了许多惯用的硬件，可使硬件软化。而且还可把对模拟硬件的过高要求转化为依靠软件来解决，从而使生产制造容易。同时，CAT 系统设计有自诊断能力，可以显示故障部位，便于维修，也大大提高了可靠性。由于以上因素，所以在性能价格比上具有较强的竞争能力。

综上所述，CAT 技术的根本目的是充分发挥计算机的特长，尤其是发挥软件的潜力，提高测试的可靠性、准确性和经济性，从而使 CAT 技术具有旺盛的生命力。

§ 1-2 微机仪器系统

本节通过三个具体例子来说明微机仪器的组成原理，然后指出其新颖的特点，最后简要介绍其发展状况。

一、组成原理

现举三个具体例子，以对比的方式来阐明微机仪器的工作原理。

1. 随机电压的测量

电压值是最常见的测量参数。通常是用三用表或数字电压表来测量直流电压，对于

正弦交流电压,通常是经过检波测出其平均值或峰值,然后标定为有效值。对于其他规则的周期信号电压只能通过波形因数近似地换算。对于随机信号的电压则无能为力了,最多只能用示波器作一般地观测,而无法得到其有效值、平均值和峰值。

微机仪器却很方便地解决这个问题。例如,在常见的APPLE-Ⅱ型微机或IBM-PC之类的微机上,加上一块具有模数转换功能的A/D插件板,其原理框图如图1-4所示。待测的随机电压经过模数转换器,把模拟量变成数字量,经过中央处理器接收后传送给内存(RAM)某区中,在规定时间内电压取样全部完成后,统一进行数学处理,求出随机电压的有效值、平均值和峰值。还可以在打印机上打出全部数字结果,在CRT屏幕上或绘图仪上可以绘出随机电压的原始变化曲线。

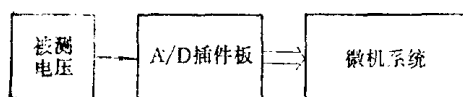


图1-4 随机电压的测量

这里要制作的硬件主要是块A/D变换卡,它决定了测量精度和取样速度。精度主要取决于数字量的字长,取样速度主要取决于A/D变换的时间,这可根据具体测试对象的要求来选择设计。

软件的任务主要是对取样下来的随机电压进行计算,现简述如下:

(1) 峰值

通过程序搜索正、负最大值,求出正、负峰值电压,显示出来。

(2) 有效值

在数学上有效值就是均方根值,则

$$U = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2(t) dt} \quad (1-1)$$

对于离散的情况,式(1-1)可写成

$$U = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N-1} u^2(t_i)} \quad (1-2)$$

式中 N ——取样数;

t_i ——取样时刻,一般采用等间隔时间。

根据式(1-2)可以编制一个子程序计算出电压的有效值,而且这是真有效值。

(3) 平均值

平均值在数学上的定义为

$$\bar{U} = \frac{1}{T} \int_0^T u(t) dt \quad (1-3)$$

在取值为离散状态时,式(1-3)可写成

$$\bar{U} = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} u(t_i) \quad (1-4)$$

根据式(1-4)可以计算出电压平均值。

主程序可以用BASIC或FORTRAN高级语言编写, 定时采样等子程序可用汇编语言编写。

可见, 这种测量方法完全摆脱了传统电压测量中的各种检波电路, 也不必考虑波形对测量结果的影响。

应该指出, 该方法既可测量非周期变化的随机电压, 又可以测量周期变化的电压值, 但取样速率一定要大于被测信号中最高频率分量的两倍, 以满足取样定理的要求。否则将造成信号失真, 引起测量误差变大。

2. 音频系统的频响和失真度的测量

若要测试一个音频系统的频率响应特性、相位特性和失真, 无论是采用传统的人工测试方法, 还是采用带有GP-IB接口仪器构成的自动测试方法, 都需要一大堆仪器才能完成测试任务。图1-5是用六台仪器组建的一个自动测试方案。图1-6是采用微机仪器系统的方案。相比之下, 图1-6的方案优越得多。这里除了微机系统本身之外, 只配置了两块插件卡: 一个独立的程控信号源和一个通用的数据采集器。而不需要数字电压表、相位表、失真仪、示波器, 以及为提高信/噪比而加入的选频放大器或带通滤波器。

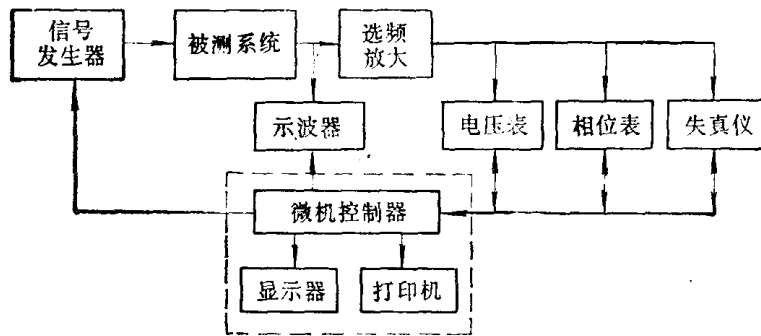


图1-5 六台仪器组成的自动测试方案

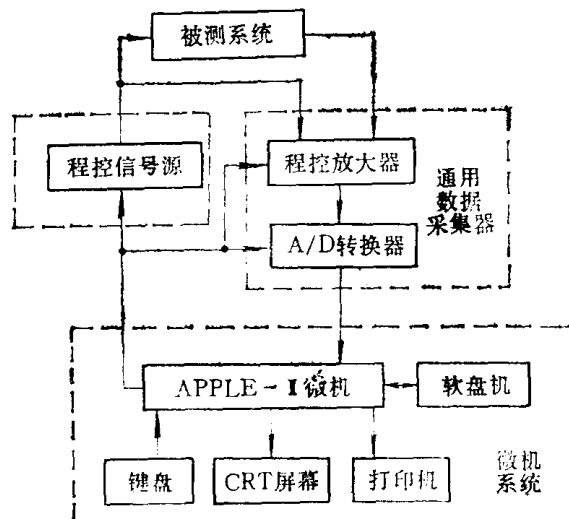


图1-6 微机仪器系统的方案

图1-6系统的测试过程是这样的: 微机在测试软件的控制下, 指挥程控信号源产生一标准的正弦信号 (其频率通过程控可以单频或扫频方式输出) 作为被测系统的激励;

同时数据采集将被测系统的输入信号和输出响应信号分别换成数字量存入微机中, 然后进行数据处理, 按各参数的定义得出结果, 通过屏幕显示或打印输出。

按照某一频率正弦波取样值与时间的关系进行显示, 可使系统相当于存储示波器的功能, 能对信号进行时域分析, 如图1-7(a)、(b)所示。

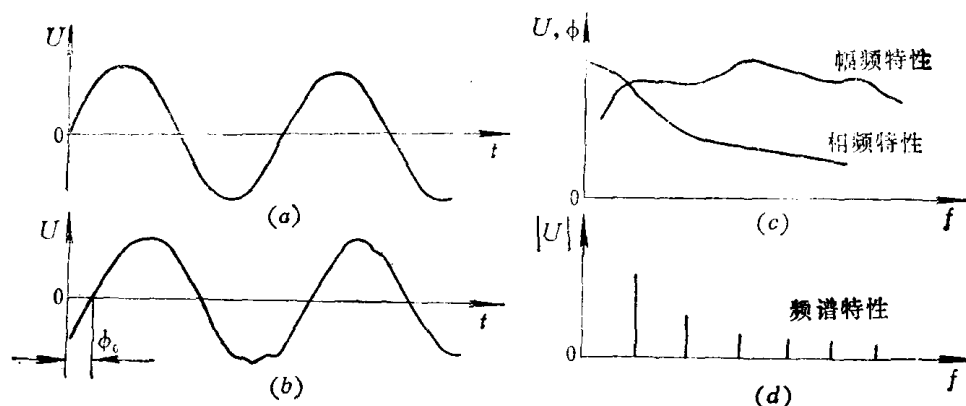


图1-7 音频系统的输出特性

音频系统的频响是以幅频特性和相频特性来表征的, 就是给被测系统输入不同频率的正弦波, 在输出端测出其相位和幅度的变化情况。本测量利用微机实时分析能力直接分析两波形相位差。分析过程主要是寻求过零点和幅度差。因为两个信号的相移在过零点处最明显, 这里斜率最大, 如图1-7(b)中 ϕ_0 所示。过零点的寻求是通过在零点附近正负数值的突变来鉴别的。以输入波形某零点为起始点, 搜索到输出波形的第一个过零点则可以算出系统在该频率下的相移滞后量。幅频特性的测量比较简单, 只要分别求出输入输出的最大值, 则可计算出幅频特性, 如图1-7(c)所示。

对输出波形的数字化样值进行数字滤波(即加窗)后, 再进行快速傅里叶变换(FFT)运算, 则可得到其频谱特性, 如图1-7(d)所示。这时系统相当于一台频谱仪, 可对信号进行频域分析。

失真度 γ 是用谐波功率与基波功率之比的平方根来定义的, 即

$$\gamma = \sqrt{\frac{P - P_1}{P_1}} = \sqrt{\frac{\sum_{n=2}^{\infty} P_n}{P_1}} \quad (1-5)$$

式中 P ——信号总功率,

P_1 ——信号基波功率,

P_n ——信号 n 次谐波的功率。

传统的方法是用有效值电压表测出被测信号电压总有效值, 并用一个基波抑制网络将基波电压滤除, 再用有效值电压表测出剩下的谐波电压总有效值, 然后求出 γ 的值。这种基波抑制法在原理上精度不高(因实测 γ 与定义的 γ 值有差异, 只有当失真不大时二者才近似相等), 在制作上要求具有高选择性的电桥或滤波电路, 显然这种方法是不理想的。

微机仪器只要利用上述图1-7(d)频谱特性, 应用巴什瓦尔(Parseval)公式可以

求出谐波引起的失真度:

$$\gamma = \sqrt{\frac{\sum_{n=2}^{N/2-1} C_n^2}{C_1^2}} \times 100\% \quad (1-6)$$

显然, 这里充分发挥了微机的存储、运算功能, 把技术难点由硬件转嫁给软件, 不仅省去了一堆仪器, 还有更完善的功能和较高的自动化程度。

3. 第三代自动测试系统

应该指出, 上述两个例子中, 微机的“参与”程度还是不够深的, 还称不上第三代自动测试系统。如前所述, 第三代自动测试系统应当使计算机和测试系统或设备更紧密地结合起来, 融为一体, 尽量用软件代替传统仪器中的硬件功能。特别是直接用计算机产生激励信号和完成测试的功能, 使微机仪器具有更高的微机化程度。

我们可以在例 2 的基础上, 将测试方案改为图 1-8 所示。只要在微机系统中增加一块通用的 D/A、A/D 模块, 则可完成上述两个例子的各种测试功能。

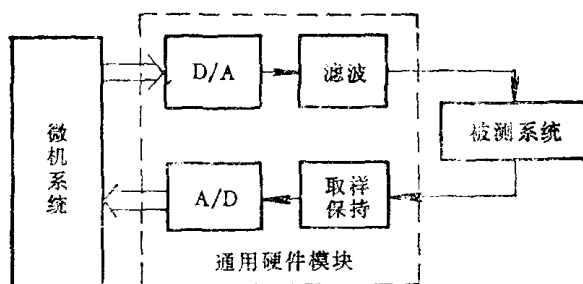


图 1-8 第三代自动测试系统举例

这里, D/A 部分硬件主要用来支持计算机直接产生测试信号, 通过对计算机的编程, 指定它的输出规律, 就可以输出所需要的测试信号 (如正弦波、方波、锯齿波等, 详见第五章)。比如, 令输出值从零开始, 每隔一定时间增 1, 至最大值回零, 再重复上述过程, 就能输出锯齿波。或者在存储器中依一定规律存入数据, 然后依次输出, 就可以得到任意形状的信号。

在 A/D 部分硬件支持下, 将被测信号的数字化样点值存入计算机的存储器, 编制各种测试软件, 就能完成一系列测试功能, 如图 1-9 所示。例如:

(1) 存储示波器功能: 存储的信号样点值可以在微机显示器的屏幕上作波形显示。对需要保留的内容, 可由打印机或绘图仪拷贝输出。

(2) 波形分析: 根据各采样点的数据, 利用计算机的比较分析功能, 可以直接进行各种波形分析。例如, 对脉冲信号可以求出其前沿、脉宽、占空比等等; 对于交流信号, 也可像第一个例子那样, 直接算出其平均值和有效值。

(3) 频谱分析: 如同第二个例子一样, 对被测信号的数字样值进行快速傅里叶变换 (FFT), 可以方便地把时域信号变为频域信号。

这种分析方法除了用于信号的频谱分析、网络的频率特性测量等典型频域测试外, 还可以把一些在时域测量的参数转变到频域进行分析与处理, 例如失真度分析、有效值