

示波器自动检定系统

陆福敏

(上海市计量测试技术研究院 200233)

【摘要】 示波器自动检定系统是将微机技术与计量技术相结合,以提高示波器计量正确度、提高计量的工作效率、减轻计量人员的工作强度、规范计量证书格式、减少人为误差为宗旨而组建的。这篇文章从系统的组建原理和方法着手,详细介绍了利用 GPIB 技术组建自动测试系统的方法、GPIB 接口卡的使用方法、可编程仪器的程控方法、各部分软件的功能及利用软件修正综合信号发生器输出信号的不平度的方法。文中所涉及的测试方法、测试项目、数据处理方法均符合 JJG411-86《300MHz 宽带示波器》国家计量检定规程中的有关要求。

【关键词】 自动测试系统; 校准; 示波器

1 引言

示波器是一种最常用、最直观的,用于观察波形、研究脉冲参数的仪器,适用于各行各业,因此,示波器的检定量非常大。对示波器进行检定,一般是手工操作,需要同时操作数台标准器,步骤相当复杂,要对被检示波器的十几个项目参数进行重复测量、记录,要计算大量的数据,还要打印证书,检定人员摆脱不了这些枯燥单调的工作,这与当今飞速发展的科学技术非常不相协调。于是出现了这样一种情况,许多融合了现代科技的带有微处理器的可编程标准器和示波器只能用手动的方法进行操作,这不能不说是一种浪费,检定正确度的提高也受到一定的限制。现在,我们在示波器的检定中引入了微机,将计算机技术与计量技术结合起来,组建了一套示波器自动检定系统,使检定工作进入了一个全新时代,检定人员的工作效率提高了数倍,降低了劳动强度,摆脱了纸、笔、小计算器,使计量工作迈向了自动化。

2 系统原理、组成框图及技术性能

在对各种类型的宽带示波器进行计量检定时,所需的标准器主要有示波器校准仪、稳幅信号发生器、频率计数器。随着微处理器的发展,这些仪器已相继成为可编程的仪器,带有标准的 GPIB 接口,如果配上合适的控制器——微机,再编制一套相应的控制软件,就可以组成示波器自动检定系统,其组成框图如图所示。

它的工作原理是这样的,在微机的控制下,按照预先编制的控制程序,示波器

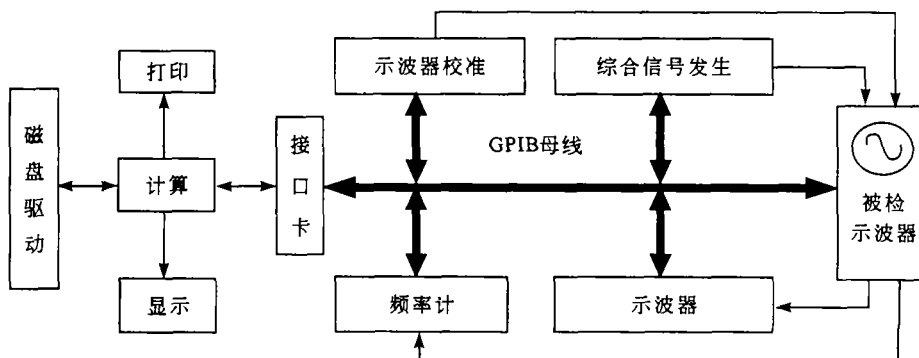
校准仪依次自动输出检定示波器所需的信号(如:检定垂直偏转系数时输出标准幅度信号,检定扫描时间系数时输出时标信号,检定瞬态响应时输出快沿脉冲信号),综合信号发生器输出检定示波器稳态频响和触发性能所需的稳幅正弦波信号,频率计测出校准信号的频率。微机对全部测试数据作误差计算,判断出检定结果合格与否,最后以中文方式打印出一份报告。

系统的技术性能如下:

幅度准确度	优于 0.5%
电压偏差分辨率	0.01%
时标准确度	优于 0.01%
时标偏差分辨率	0.01%
快前沿脉冲	250ps
稳幅信号不平度	优于 0.3dB
频率范围	50kHz~1000MHz

3 综合信号发生器的频响修正

国家颁布的示波器计量检定规程规定,检定示波器的稳态频响必须用稳幅信号发生器,其电压不平度要优于 0.3dB。本系统选用的 FLUKE6060B 综合信号发生器,电



压不平度出厂指标为 1dB,若再加上高频同轴电缆的传输损耗,使得输入到示波器输入端的信号电压不平度可能大于 1dB。这样,如果不经过修正就用于测量示波器的稳态频响,必然会产生测量误差,因此必须对此进行修正。修正的方法很多,本系统控制软件采用拉格朗日插值法的线性插值公式进行修正,具体的方法是这样的:先用标准接收机和标准功率计测出综合信号发生器经过高频同轴电缆输出的信号的频响,频率间隔为小于 10MHz 时,间隔 1MHz;大于 10MHz 时,间隔为 10MHz。将这一组频响数据输入软件,然后用线性插值法按相反的规律来修正。拉格朗日插值法的线性插值公式是:

若 $Y=f(X)$ 在 X_0, X_1 处的值分别为 Y_0, Y_1 , 则插值

$$L(X) = Y_0 + (Y_1 - Y_0)(X - X_0) / (X_1 - X_0)$$

由于所测的频响曲线频率间隔比较密,利用上述公式求出的值 $L(X)$,与实际值的误差小于 0.3dB。经过修正,输入到示波器的输入端的信号其电压不平度优于 0.3dB。

4 仪器的程控

本系统中的微机是通过 GPIB 接口与程控仪器交换指令和数据的,下面介绍微机是怎样发程控指令以及仪器程控指令的格式。

4.1 GPIB 接口卡

要将微机接入 GPIB 系统,必须为微机配置一块 GPIB 接口卡。接口卡种类繁多,所用芯片各不相同,功能上有全也有简单的,实现三线握手的方法有用软件也有用硬件的。这里以日本 NEC 公司的 μ PD7210 芯片组成的接口卡为例,介绍接口卡的应用。

表 1 GPIB 接口卡指令表

指令	作用
IBSYS%	将微机设置为控制器并初始化
IBNSYS%	将微机设置为听者和讲者并初始化
IBIFC%	将母线上的仪器清除为不听、不讲状态
IBREN%	使被寻址仪器自动成为遥控可能
IBALOC%	使所遥控仪器成为本控方式
IBSLOC%	将所选择的仪器置为本控方式
IBLLO%	使处于遥控方式的仪器的面板旋钮不起作用
IBSDC%	将指定的仪器设置成初始状态
IBDCL%	将母线上的仪器清除为初始状态
IBGET%	使母线上的仪器同时开始工作
IBWRT%	将所指定的仪器设置为听者、微机设置为讲者并发送数据
IBREAD%	将所指定的仪器设置为讲者、微机设置为听者并接收数据
IBTLK%	将微机设置为讲者并发送数据
IBLST%	将微机设置为听者并接收数据
IBSPL%	微机对指定的仪器作串行点名并接收状态字节
IBPCNT%	使微机把控功能转给另一控制器

该卡具有 8 个接口功能,即源握手功能、受者握手功能、基本讲功能、基本听功能、接口清除功能、遥控可能功能、器件清除功能和器件触发功能,可使微机在 GPIB 系统中起控制者的作用。随卡的软件包支持 VBASIC 语言,在 VBASIC 环境下,用 CALL 语句就可以调用 GPIB 指令。该卡的 18 条 GPIB 指令与作用见表 1。调用表 1 中指令,就可使微机通过母线向挂在母线上的仪器发控制命令和从仪器接收测量数据了。

4.2 NH4602 示波器校准仪的程控方法

该示波器校准仪是国内第一台可编程校准仪,它的程控指令编码格式如表 2。

表 2 示波器校准仪程控指令编码格式

指令码字节	功能
MSD-0 MSD-1	TIME/DIV 及倍率
MSD-2	触发周期与时间本控/遥控选择
MSD-3 MSD-4 MSD-5	偏差调节及电压/时间的偏差选择
MSD-6 MSD-7	VOLT/DIV 及倍率
MSD-8	输出方式及电压本控/遥控选择

每次发程控码时,必须按表 2 指定的格式一次发满九个字节的 ASCII 字符。例如要使示波器校准仪为如下状态:

TIME/DIV	0.5 μ s
时标倍率	$\times 1$
周期	1 μ
时间 R/L	遥控
偏差 T/V	0% T
VOLT/DIV	1mV
电压倍率	$\times 4$
方式	10kHz
电压 R/L	遥控

则程控指令格式为:AOAH@BAFE,当执行完下列例 1 的程序段:

例 1:LSN% = 1;ADR% = 0

WRT\$ = "AOAH@BAFE"

CALL IBSYS%(ADR%,STA%)

CALL IBREN%(STA%)

CALL IBWRT%(LSN%,WRT\$,STA%)

示波器校准仪就接收到了程控指令并按要求将仪器

调整到所指定状态,若要从示波器校准仪读取偏差值,只要执行完下列例2的程序段:

例2: TAK% = 1; ADR% = 0

RED\$ = SPACE\$(40)

CALL IBSYS%(ADR%, STA%)

CALL IBREN%(STA%)

CALL IBREAD%(TAK%, RED\$, STA%)

变量 RED\$ 内就存放有偏差值。

4.3 PLUKE6060B 综合信号发生器的程控方法

该综合信号发生器的程控方法比较简单,而且很直观,每次发出的程控指令字节数不受限制,可多可少,每条指令间用逗号隔开。例如要将综合信号发生器设置成如下状态:

频率 210MHz

幅度 6dBm

调制频率 1000Hz

调频 5kHz

内调频 ON

调幅 15%

外调幅 ON

则程控指令格式为: FR210MZ, AP6DB, MR1, FM5KZ, F11, AMI5PC, AE1。仿照例1的程序段,将第一、第二语句改为:

LSN% = 2; ADR% = 0

WRT\$ = "FR210MZ, AP6DB, MR1, FM5KZ, F11, AMI5PC, AE1"

则执行完该程序后,综合信号发生器就按要求调整到了指定状态。

4.4 RACAL9515 频率计的程控方法

该频率计的程控指令格式与上述两种仪器不同,为两个 ASCII 字符,即一个字母后面跟一个数字,指令与指令之间直接连接,不用逗号分开。若要将仪器设置成下列状态:

A 通道工作方式 测频

分辨率 10Hz

A 通道工作方式 直流耦合

A 通道工作方式 自动触发通道分离

则程控指令格式为: "FOG5A2COLAA"。仿照例1的程序段,将第一、第二语句改为:

LSN% = 3; ADR% = 0

WRT\$ = "FOG5A2COLAA"

则执行完该程序段后,频率计就按要求调整到了指定状态。仿照例2的程序段,将第一、第二语句改为:

TAK% = 3; ADR% = 0

RED\$ = SPACE\$(20)

则执行完该程序段后,读取变量 RED\$ 就得到所测频率值。

5 系统控制软件的编制

本系统的控制软件是一个以仪器控制为主、数据处理和管理为辅的、多个测量程序并列的软件,因此宜用模块化程序设计方法。这种方法思路清晰,阅读方便,有利于程序的修改、扩充。整个控制软件分成四个部分,第一部分为系统预置软件,装入 GPIB 接口卡驱动程序、鼠标器驱动程序等。

第二部分为被测示波器类型选择程序。按照示波器的分类法,可分成双踪双扫示波器、双踪单扫示波器、单踪单扫示波器,检定软件的编制也仿照这种分类法编制了三个通用的示波器自动检定软件。由于同类型的示波器性能差异很大,档级多少各不相同,软件尽可能考虑周到,按最大的组合来编制,因此软件复杂,操作时要将所检示波器的性能指标按微机提示输入到计算机,操作比较烦。为此,对于经常碰到的示波器,编制了专用的检定程序,将示波器的性能指标等一系列参数预先编入程序,这样大大方便了操作者。这部分的程序为一菜单式,菜单中除了通用检定程序、专用检定程序,还有一些管理文件,如生成或删除索引文件的程序等。

第三部分为系统控制软件的主体,对示波器的自动检定由这一部分程序完成。由于示波器的参数繁多,故采用菜单来选择检定项目。以双踪双扫示波器检定程序为例,可对下列示波器参数进行检定:

1. 电性能检查(垂直位移特性、触发灵敏度)
2. 校准信号(频率、幅度)
3. 延迟特性(范围、晃动比、刻度线性)
4. 扫描时间系数(A 扫、B 扫、扩展、线性)
5. 垂直偏转系数(CH1、CH2、微调比)
6. 瞬态响应(上升时间、上冲)
7. 稳态频响(基准档、扩展档、带宽限制)

每个项目检定完成,自动给出结论,并及时存入磁盘。

第四部分为文件管理部分。当仪器检定完之后,操作人员按微机提示,依次输入被检示波器的名称、型号、编号、日期、制造商、送检者、检定者等等一些参数,软件将这些参数添加进索引文件以备索引,最后按国家计量检定规程规定的格式打印出证书。

6 鼠标器的应用

人与微机的对话,一般是通过键盘进行的。一个标准键盘有 101 个键,在检定示波器中,只需用到几个键。要在 101 个键中找出几个键,对于不太熟悉键盘的人来说,并不容易,而对熟悉键盘的人来说,在专心检定示波器、

注意力集中在示波器的屏幕上时,难免按错键而造成出错。应用了鼠标器之后,就可以基本脱离键盘。鼠标器上有两个按键三种组合,即左键按下、右键按下、左右键同时按下,还有上、下、左、右的移动,经过合理安排,这七个动作完全够用。

在 VBASIC 环境下,有两种应用鼠标器的方法。一种是利用鼠标器指令,编入应用程序中,这种方法的特点是应用灵活,可随时变更鼠标器的按键功能,但编程比较复杂。另一种是利用鼠标器的 POP-UP 菜单程序,将鼠标器的七个动作对应标准键盘上的七个键,这种方法的特点是无需将鼠标器指令编入应用软件中,只要在 POP-UP 菜单程序中设置好即可,缺点是在整个系统软件的操作过程中,不能变更七个动作所对应的键盘上的键,灵活性较差。本系统软件采用后者,鼠标器七个动作与键盘的对应关系及在程序中的作用如下:

鼠标器	键盘	作用
左键	Y	回答 YES
右键	N	回答 NO
左+右	SPACE	执行操作
上移	↑	粗调(增量)
下移	↓	粗调(减量)
左移	←	微调(增量)
右移	→	微调(减量)

The Automatic Calibrating System of Oscilloscope

Lu Fumin

(Shanghai Institute of Measurement and
Testing Technology 200233)

Abstract: The article describes the set-up of the Automatic Calibrating System of Oscilloscope, by using GPIB technology, and the usage of GPIB interface card and programmable instruments. Also, the article discusses the methods of technical processing on flatness of signal generator.

Key words: Automatic system; Calibration; Oscilloscope

上海市计量测试学会动态

★ 2002年12月26日,上海市计量测试学会和上海市计量测试技术研究院联合召开了“远程计量校准学术报告会”。主讲人是中国工程院院士李同保教授和同济大学段伟群教授。“远程计量校准”是当前国际上计量校准的前沿科学,为了使上海各计量校准实验室了解国际计量校准的最新发展动态,组织了上海市有关实验室主任、技术负责人、质量负责人等60余人参加,深受同行的欢迎。

★ 2003年1月7日~9日在上海核工业科技交流中心,上海市计量测试学会举办了“机械环境试验技术与设备研讨培训班”。参加培训的有来自华东地区的科研院所、检测机构、企事业单位的环境试验室负责人、技术人员近70人。随着我国加入WTO,对于产品质量的要求越来越高,环境试验是保证产品质量的重要一环。为提高我国机械环境试验技术和对振动台、冲击台、碰撞台等环境试验设备性能的了解,上海市计量测试学会邀请有关专家作了专题讲座:国内外环境试验标准的发展动态、可靠性试验强化技术、冲击碰撞试验方法和设备检定、振动台特性描述和选型、随机振动试验与系统检定方法等。培训班结束时,还对培训人员进行理论考核,并颁发了上海市计量测试学会培训证书。通过培训学习,对于专业技术人员掌握当前国内外发展趋势,提高检测技术水平起到了作用,受到与会者的一致好评。

(上海市计量测试学会办公室供稿)