

微波网络分析仪自动测试系统的升级

施迅莉、曹华军、安同一

(华东师范大学 微波研究所 上海 200062)

摘要: HP 微波网络分析仪是一种广泛使用的多功能精密射频测试设备。但由于是七、八十年代的产品, 其软件平台往往比较落后, 例如我们现有的 HP8408S 自动网络分析仪, 它基于 HP85 台式机, 用 HP 扩展 BASIC 编程, 界面不够友好, 更不利于二次开发。我们借助于现代 PC 技术和 HP-IB 总线, 将原由台式机控制的网络分析仪升级成为由 PC 机控制的自动化测试系统, 以 Windows 为平台, 用 Delphi 编程, 具有界面友好、操作方便、数据显示直观等优点, 且有利于用户的二次开发。

关键词: 自动测试系统; HP-IB 总线; 网络分析仪; Delphi

1 前言

HP 自动网络分析仪是国际上使用最广泛的多功能精密射频网络参数测量设备, 它稳定, 可靠, 但价格昂贵。HP 网络分析仪投放市场以来已有三十余年历史, 出现了多种型号的产品。就其设备更新换代速度而言, 计算机控制部件远远超过网络分析仪的微波部件。因而自动网络分析仪中就往往出现身体健全而大脑落后的不协调状况。

本文工作是对 HP8408S 自动网络分析仪系统的“灵魂”动手术, 将目前流行的 PC 机和 Windows 平台取代仪器原用的 HP85 台式机和 DOS 平台, 采用面向对象的可视化工具 Delphi 语言取代 HP 专用 Basic 语言, 使整个系统软件平台由 DOS 转移到 Windows。更新换代后的 HP8408M (HP8408S 的改进型) 系统除保留了原有的反射、传输等基本测量功能和测量精度外, 还赋予了新的性能:

- 人-机界面由 HP85 台式机 5 寸小屏改为 PC 机 14 寸彩色屏幕。
- 人-机对话由 DOS 转为可视性强的 Windows 菜单操作。
- 仪器外设由 HP85 台式机、磁带机、5 寸软盘驱动机、嵌入式热打印机等升级为流行 PC 机及其外设, 显示记录、数据处理更为方便。
- 较方便地进行二次开发。本文出示了介质参数自动测量的例子。

2 改进型自动网络分析仪 HP8408M

2.1 概述

HP8408S 矢量网络分析仪是八十年代的产品, 主要由 HP8410C/8412B 网络分析仪、HP8350A 扫频振荡器、HP59313A A/D 转换器、11713A 衰减/开关驱动、85040B 测试装置及 HP85 计算机组成。虽然作为系统控制中心的计算机 HP85 已过时, 但网络分析仪其他主要部件具有 HP-IB 标准接口, 符合 IEEE-488 协议, 可以通过 HP-IB 总线与带有 HP-IB 接口卡的 PC 机以及其它仪器相连, 利用 PC 机来控制系统各种操作, 从而达到自动测量的功能。当用 PC 作为新的控制机后, 测试系统的控制软件、应用软件必须改写。

新组建的自动测试系统 HP8408M 是建立在 WINDOWS 平台上，以 PC 机实现对 HP8408S 矢量网络分析仪的自动控制，一改台式机控制的缺点，具有友好的用户界面和可操作性。使用了面向对象的可视化编程工具 Delphi，使得系统界面可视化性强，操作简单，可以方便地显示图形、打印数据结果和所需图形。系统还充分利用了数据库的强大功能，能够将测量结果保存在数据库中，形成历史数据，方便操作人员和二次开发人员进行系统的统计和分析，并且可视化的编程使得二次开发人员可以方便地进行测试系统的升级，增加不同的测试功能，进一步地开发和利用仪器进行自动测量。

2.2 系统硬件框图

自动网络分析仪测试系统的硬件框图如图 1 所示，它由带有 HP-IB 接口卡的 PC 机（阴影部分所示）和 HP8408B 矢量网络分析仪组成。PC 机的基本配置为：奔腾 166，32 兆内存，6.4G 硬盘，加装了 NI 公司的 HP-IB 接口卡，软件平台为 Win98，开发工具为 Delphi4.0。HP8408B 网络分析仪主要由扫频振荡源、复比测试装置、A/D 转换器三个带有 HP-IB 的部件组成，且在总线上，各部件具有唯一的地址。其中，计算机的 HP-IB 地址为 0，扫频振荡源为 19，复比测试装置为 16，A/D 为 10。

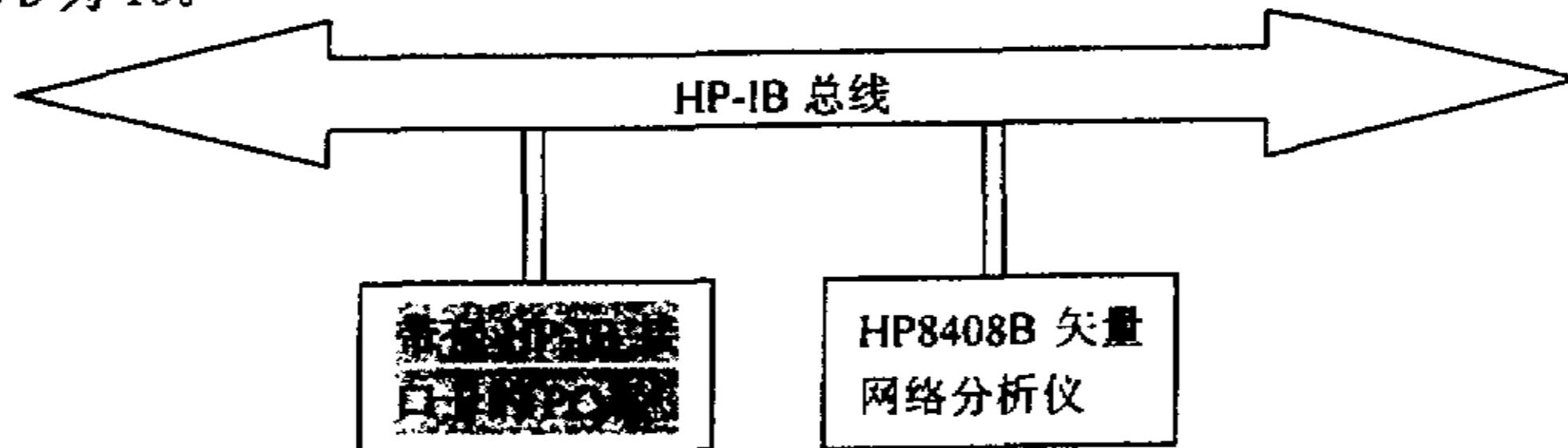


图 1 自动网络分析仪测试系统的框图

2.3 软件部分

软件部分的实现主要由两个部分组成：计算机对设备的有效控制以及测量工作的实现。由于总线上每个 HP-IB 设备都有一套特定的命令，可对其进行编程，由控制器计算机通过 HP-IB 总线传输命令，就能控制设备按要求工作。至于测试程序，自动测试系统 HP8408M 继承了原 HP8408S 的基本测量功能，因而原 HP85 台式机的程序框图仍有效，但程序需要进行更改。

连接在 HP-IB 总线上的 HP8408S 中 59313A A/D 转换器负责完成系统的数据采集，并传给控制器 PC 机处理，所以实现对它的正确控制很重要。下面举例，介绍如何实现操作控制。

首先是通过 HP-IB 发送控制指令，通过确认地址，选择 59313A A/D 作为此时总线上的说者，再对 HP-IB 编程，提取并使用 A/D 的输出值：

```
Procedure ReadAD(chan:string);
Var
  vv:Array of byte;
```

```

v, v1, v2, i, sum:integer;
Begin
    (*首先设定地址为 10 的 A/D 设备为说者，并指定数据返回的格式。)
    MyHP-IB.ExceptionOnErrorHandler:=False;
    MyHP-IB.BoardNumber:=0;
    MyHP-IB.PrimaryAddress:=10;
    MyHP-IB.SecondaryAddress:=0;
    MyHP-IB.DataAsString:=IsNotStr;
    MyHP-IB.Configure;
    (*然后向 A/D 写入命令，读取指定通道数值，再对采样数值进行处理。)
    fmMain.HP-IBMain.Write('H'+Chan+' BJ');
    vv:=fmMain.HP-IBMain.Read(A9*2);
    v1:=ADConvert(vv[0], vv[1]);
    v2:=v1;
    sum:=v1;
    For i:=1 to trunc((High(vv)-1)/2) do
        Begin
            v:=ADConvert(vv[2*i], vv[2*i+1]);
            sum:=sum+v;
            v1:=Max(v, v1);
            v2:=Min(v, v2);
        End;
    ADavg:=Trunc(sum/(trunc((High(vv)+1)/2)));
    ADmax:=v1; (*得到 A/D 值的最大值*)
    ADmin:=v2; (*得到 A/D 值的最小值*)
End;

```

对于测试系统中其他设备，也以类似的方式进行编程控制，具体的指令序列可查看各设备所带的说明文档。有关数据处理的方式也可以参照原 HP85 台式机中的数据处理方法。这样，就可以完成整个控制软件、应用软件的平台移植。

3 HP8408M 的应用

3.1 软件程序框图

如图 2 所示，为系统运行的程序框图，主要由三部分组成：首先是系统自检，检查处于 HP-IB 总线上的各个设备是否都能正常通讯，而且是否处于自动测量的状态；其次是进行误差模型的校准，以实现精度增强的目的；最后，测量所需器件参数。以上各步骤均以软件实现，操作者只需按照菜单提示进行操作。

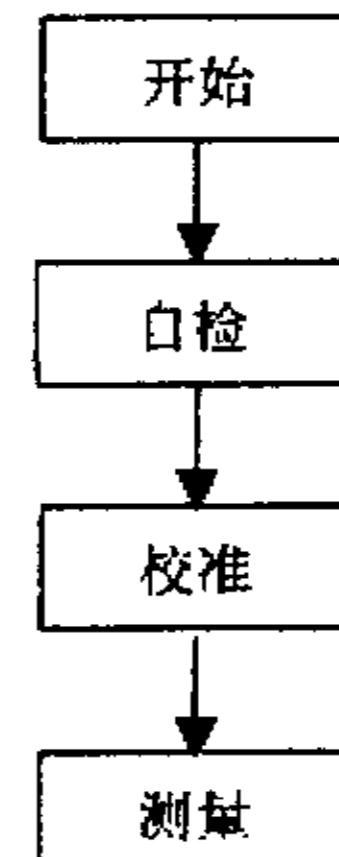


图 2 程序框图

3.2 基本测量

HP8408M 网络分析仪自动测量的基本参数有两个：反射系数和传输系数。利用 PC 机对数据进行处理，同时还可以得到相应的衍生参数，如回波损失、反射系数、驻波比、阻抗、插入损耗等。

3.3 扩展测量功能——波导终端短路法测材料的介电常数

借助于计算机的存贮、运算功能，我们可以很方便地实现某些扩展功能，如介电常数的自动测量，这是原 HP8408S 网络分析仪无法提供的。

3.3.1 原理说明

波导终端短路法测材料的介电常数是将填充着介质试样的波导或同轴线段作为传输系统的一部分来测量它的特性参量的。其中反射法是波导测量介质方法中最常用的一种。将介质试样段接在传输系统的末端，并在它的输出端接短路器或开路器来产生全反射，而根据介质试样段引起的驻波最小点偏移和驻波系数，确定介质的特性参量。

3.3.2 HP8408M 网络分析仪测量结果

以聚四氟乙烯为样品进行测量，利用 HP8408M 已实现的介电常数自动测量功能得到结果如下：聚四氟乙烯样品厚度为 0.98cm。

频率(GHz)	介电常数实部	介电常数虚部
9.996	2.08	0.0796
9.998	2.08	0.0903
10	2.08	0.069
10.002	2.09	0.0871
10.004	2.08	0.0807

表 1 聚四氟乙烯样品介电常数测量值

4 结束语

(1) 本文的主要工作是以配置不高的 PC 机取代了原 HP8408S ANA 控制机 HP85，建立了升级版的网络分析仪自动测试系统 HP8408M，使其通用性大大增强。

(2) 建成后的 HP8408M，以 PC 机作为控制机，将自动测试系统建立在 Windows 平台上，提供菜单操作，具有界面友好、操作方便、数据显示直观多样化，且具有打印预览和打印功能的特点。如图 3 所示：

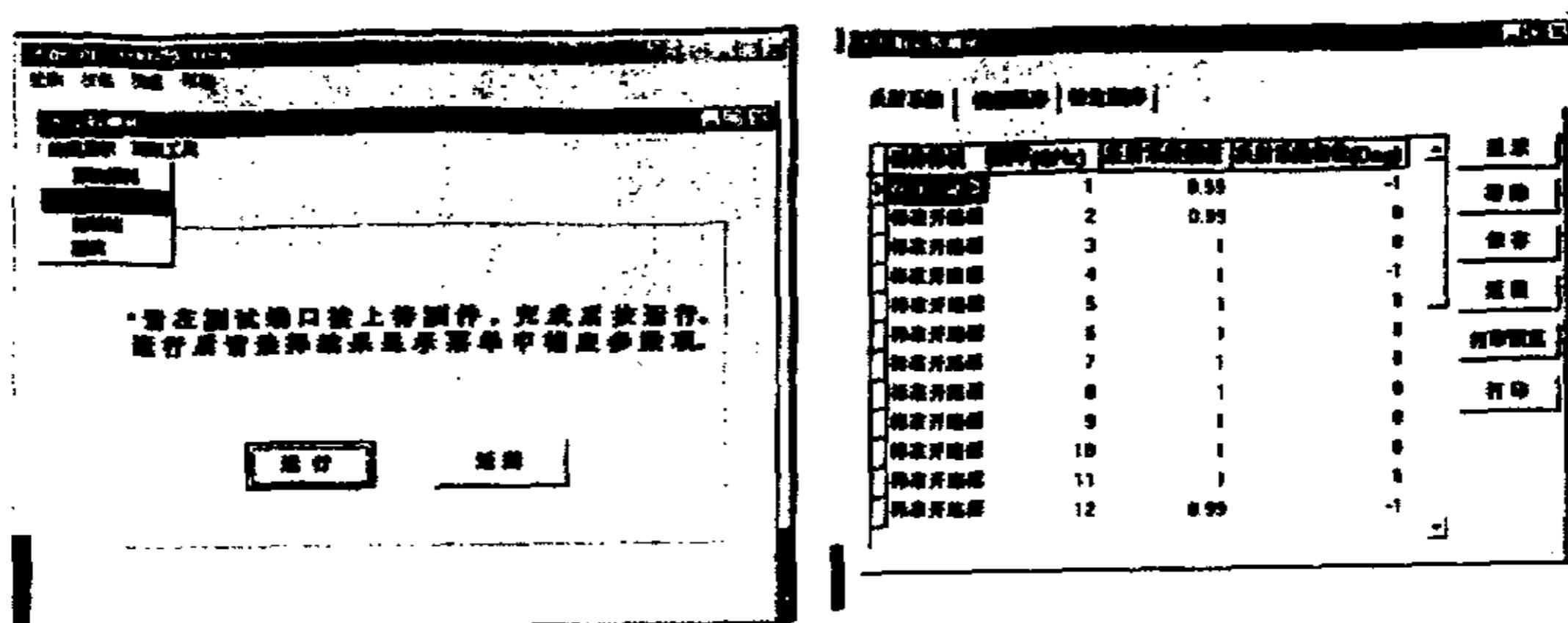


图 3 HP8408M 测试系统的菜单界面

(3) 本文工作对早期网络分析仪的升级有参考价值, 且有利于二次开发。例如在此基础上, 实现 HP8408S 的时-频域转换功能, 用来定位器件的不连续性。

参考文献:

- [1] 张世箕, 杨安禄等。自动测试系统。电子科技大学出版社, 1990
- [2] 陈涵奎。微波自动网络分析仪原理简介。华东师范大学电子系, 1986

作者简介:

施迅莉 (1976-), 女, 华东师范大学电子系无线电物理专业 98 级硕士研究生;
曹华军 (1974-), 女, 华东师范大学电子系无线电物理专业 97 级硕士研究生;
安同一, 男, 教授、博导。

微波射频测试仪器使用操作培训

易迪拓培训(www.edatop.com)由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立，致力并专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养；现已发展成为国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地，推出多套微波射频以及天线设计培训课程，广受客户好评；并先后与人民邮电出版社、电子工业出版社合作出版了多本专业图书，帮助数万名工程师提升了专业技术能力。客户遍布中兴通讯、研通高频、埃威航电、国人通信等多家国内知名公司，以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

易迪拓培训课程列表：<http://www.edatop.com/peixun/rfe/129.html>

微波射频测量仪器操作培训课程合集



搞硬件、做射频，不会仪器操作怎么行！对于射频工程师和硬件工程师来说，日常电路设计调试工作中，经常需要使用各种测试仪器量测各种电信号来发现问题、解决问题。因此，熟悉各种测量仪器原理，正确地使用这些测试仪器，是微波射频工程师和硬件工程师必须具备和掌握的工作技能，该套射频仪器操作培训课程合集就可以帮助您快速熟悉掌握矢量网络分析仪、频谱仪、示波器等各种仪器的原理和使用操作…

课程网址：<http://www.edatop.com/peixun/rftest/vna/67.html>

矢量网络分析仪使用操作培训课程套装

矢量网络分析仪是最常用的测试仪器是射频工程师和天线设计工程师最常用的测试仪器；该套培训课程套装是国内最专业、实用和全面的矢量网络分析仪培训教程套装，包括安捷伦科技和罗德施瓦茨公司矢量网络分析仪的 5 套视频培训课程和一本矢网应用指南教材，能够帮助微波、射频工程师快速地熟悉掌握矢量网络分析仪使用操作…

课程网址：<http://www.edatop.com/peixun/rftest/vna/34.html>



示波器使用操作培训课程套装

示波器是硬件和射频工程师几乎在每天的工作中都会用到仪器，因此掌握示波器的原理并能够正确使用示波器是所有从事电子硬件电路设计和调试的工程师必须具备的最基本的技能。本站推出的示波器视频培训课程套装既有示波器的基本原理以及示波器性能参数对测量结果影响的讲解，也有安捷伦和泰克多种常用示波器的实际操作讲解，能够帮助您更加深入地理解手边常用的示波器从而更加正确地使用示波器…

课程网址：<http://www.edatop.com/peixun/rftest/osc/49.html>