

惠普应用指南

电子测量与仪器系列丛书

15

惠普最新的网络分析仪



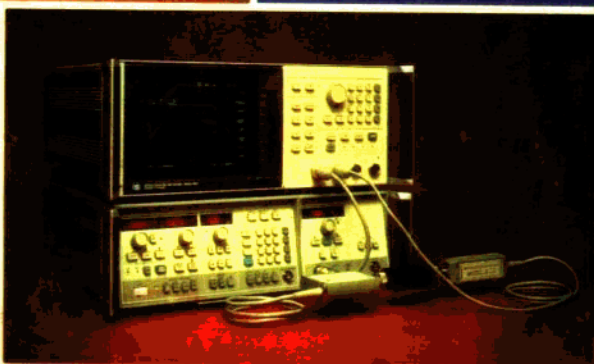
HP8753 A
网络分析仪

- 高分辨率显示
- 直接绘图和打印输出
- 内部有自测诊断
- HP-IB全部程控

HP8757 A

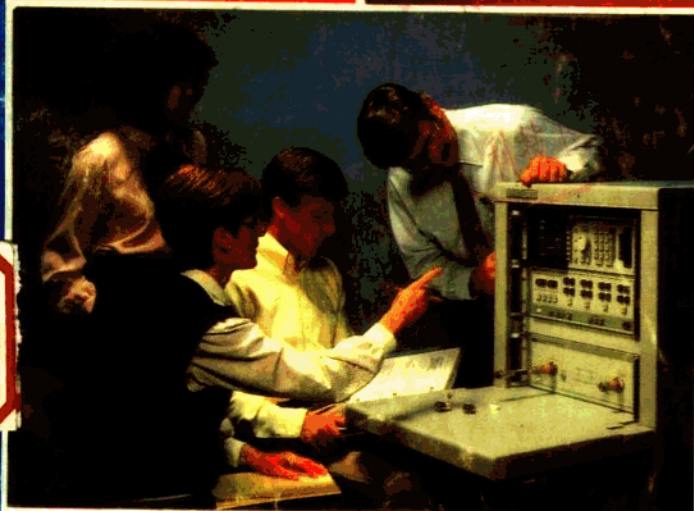
标量网络分析仪

- 性能极佳、操作方便、价格低廉
- 用途广、功能强
- 配上计算机可实现全自动测量



HP8510 B
网络分析仪

- 用户不必使用计算机便可存储更多的数据
- 快速处理可使频域和时域测量更为『实时』
- 新的校准方法和标准提高了测量精度和方便性



电子测量与仪器系列丛书

惠普应用指南

第 15 集 (内部资料)

目 录

HP8505A 射频网络分析仪

基本测量方法 (HPAN 219) (1)

集成电路故障诊断仪

—数字电路故障诊断新技术 (HPAN163-2)

..... (24)

理解并操作8555A频谱分析仪

和8445B预选器 (HPAN136) (44)

第一章 理解频谱分析..... (44)

第二章 谐波混频频谱仪的显示说明..... (45)

第三章 操作机构, 指示器和连接器..... (50)

第四章 前面板的调整..... (55)

第五章 操作频谱分析..... (57)

附录一 工作原理..... (62)

利用HP3585A频谱分析仪测量相位噪声 (HPAN 246-2)

..... (66)

第一章 基本概念..... (66)

第二章 相位噪声对实际系统的影响.....	(67)
第三章 相位噪声与频率稳定度的关系.....	(68)
第四章 测量相位噪声的实用方法.....	(69)
附录A	(72)
附录B 分析仪性能说明.....	(77)
LED固态可靠性 (HPAN 1017)	(79)
数字信号分析 (HPAN 240-1)	(86)
封面产品介绍.....	(93)
中国惠普公司简介.....	(95)

中国电子学会电子测量与仪器咨询开发中心编 (北京4505信箱 6 分箱)

印刷: 北京市建华印刷厂

1987年 8 月

HP8505A射频网络分析仪

基本测量方法

(HPAN 219)

蒋青萍 王俊杰 译 葛永基 校

导 言

这本应用指南能帮助你用 HP8505A 型射频网络分析仪及其配套的测试装置进行传输特性和反射特性的测量。操作者应在网络分析技术方面具有一定的经验,所以,本指南只集中讲述测量中一般的调整、校准和测量程序,而不涉及基本的测量原理。随着操作 8505A 仪器技术的熟练,你就能改变和扩展这些程序,使之适用于更专门的应用。

本指南的第一部分是介绍 8505A 及其标

准测试装置,并讲述了测量的主要操作方法。在传输测量、反射测量、功率电平测量和 S 参数测量部分中,则介绍了对被测器件进行一些特殊测量的具体而又详细的测量程序。如果你要测量某一器件,那么,就可直接参照其中的某一程序而进行。操作过程中若需要更详细的说明时,请参阅导言。8501A 存储归一化器一部分中,简介了这一重要附件的使用方法。指南后面的折页上印有一张 8505A 前面板的照片和一张各种调节旋钮、指示器和显示装置的功能汇总表(见原文)。

仪器的操作要通过实践来学习。具体的是用 8505A 去测量一个具有已知特性的器

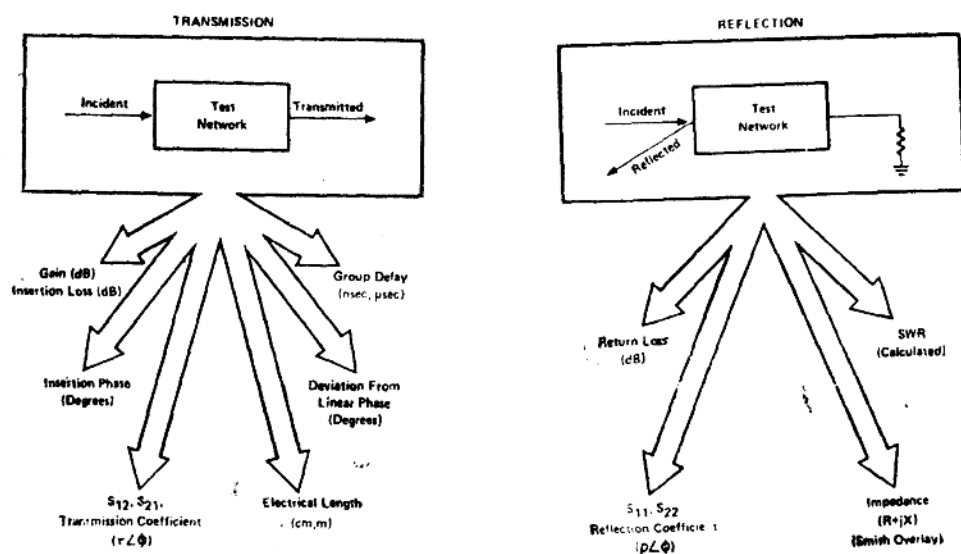


图 2 8505A 基本的传输和反射测量示意图

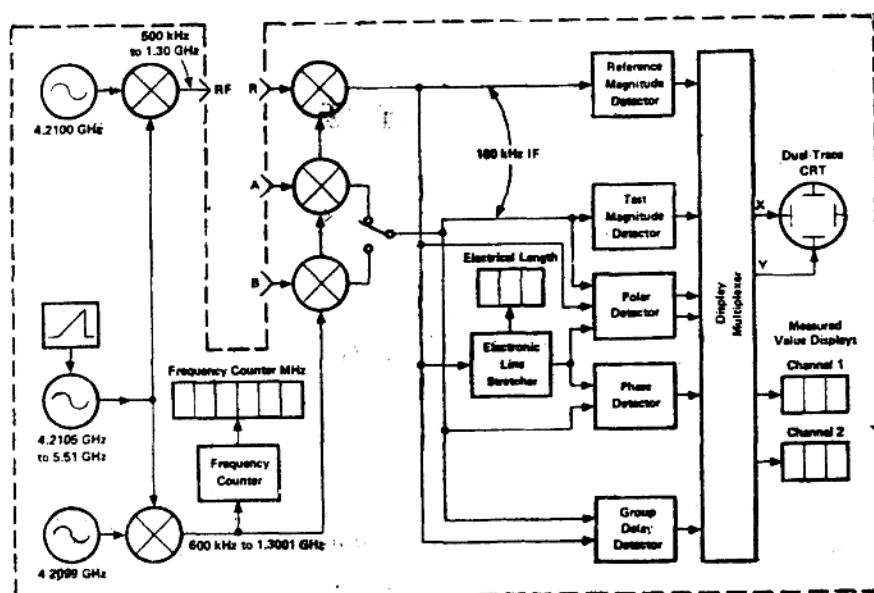


图3 8505A简化方框图

件。假如很早之前你已接触过带有测试装置的8505A，那么，你将体会到使用8505A进行测量是很容易的。即使如此，在8505A到货之前看看这本指南，就能增加你对仪器操作的有用的基础知识。通过HP-IB，8505A可以完全地程控操作，但是本指南不介绍这种方法，建议你先很好地懂8505A的手动操作方法之后，再去编写程序控制8505A的操作。

前言

8505A是一种高性能的射频网络分析仪，它由一个稳幅信号源、一个频率计、两个测量通道、一个既能以直角坐标又能以极坐标形式显示的双踪示波管、一个测量值数字读出装置和一个电子拉伸所组成。8505A同适当的信号发送附件一起，构成一个完整

的激励源/频响测试系统。该系统通过比较入射信号与经过被测器件传输的信号的大小，或者通过比较入射信号与其输入端反射的信号的大小来测量线性网络的幅度、相位和延迟特性。

本指南中所介绍的基本传输测量项目是：插入损耗和增益、插入相位、电长度、对线性相位的偏移、群延迟和传输系数 (S_{12} 或 S_{21})；基本的反射测量项目是：回波损耗和反射系数 (S_{11} 或 S_{22})。由回波损耗可以计算出驻波系数 (SWR)，由反射系数可以算出阻抗，也可以从史密斯图中直接读出阻抗。

使用8505A时，应知道8505A是分两个机箱装配而成的，下面的机箱中装的是扫频振荡器的调节和显示装置、接收装置的输入连接器、测量频标调节装置以及频率计显示装置；上面的机箱中装的是双踪示波管、测量选择调整装置、测量值显示装置和电长度的调整、显示装置。机箱后面板靠近开关

旋钮和显示装置一边的字符是编制该仪器程序时使用的 HP-IB 地址码。(HP-IB 是 the Hewlett—Packard Interface Bus 的缩写词,它是 Hewlett—Packard 做的 IEEE488 接口母线。)

方框图说明

信号源产生稳幅射频信号供给测试器件,并且还产生一个跟踪本振信号供给接收装置。从测量装置来的参考(R)和测试(A和B)输入信号被下变频到100kHz的中频频率后,加到检测器上。两个相位锁定在同一基准并相互偏移100kHz的相同的固定振荡器与一个YIG调谐扫描振荡器相结合,产生连续的、线性很好的三位半十进制频率的扫描和一个精确的窄带检波器所需要的精密跟踪的本振信号。由于采用了高可靠的薄膜技术,使得三路输入混频器在-10~-110dBm整个动态范围内,都具有非常对称的幅度、相位和延迟特性,并且输入端之间的隔离度都大于100dB。

使用两个相同的测量通道可以同时测量传输特性和反射特性,其中一个通道输入参考信号,另一通道以交替扫描的方式在A、B测试输入信号之间轮换输入。相互之间完全独立的幅度、相位、延迟和极性检波器把中频信号处理成直流电平,供示波管显示。电子拉伸线可使A、B测试信号通道的电长度与参考信号通道的电长度通过在检波器前加上或减去一个对每次扫描呈线性的相移量而得以相配,加上或减去的量最大可到1700°。这种技术实际上不调机械线长度,而可直接测量对线性相位的偏离。不管扫描宽度和扫描速率如何,群延迟检波器都能提供直接的校准的测量结果。将测量频标置于轨迹上的任何一点,便能从数字显示器直接读出频率幅度、相位和群延迟。标志所指位置的频率是用一种新型的上下变换计数器来测量的,这种计数器能测量本机振荡器的频率,还能减去100kHz的频率偏移。应用这种技术,

无需停止频标所指位置的扫描就能提供高达100Hz的分辨力和 ± 2 个数的精度。幅度、相位和延迟的数值是通过在相应的频标位置对所选检波器的输出进行取样而测定的,自动调节量程的伏特表显示测量值的分辨力高达0.01dB、0.1°和0.1ns。

测试装置

下列测试装置专门是为8505配套使用而设计的。

当用一个标准器件作为基准进行精密传输测试或比值测试时,11851A射频电缆箱和11850A(50 Ω)或11850B(75 Ω)功率分配器为在8505频率范围内,达到最好的幅度和相位跟踪特性而提供了必需的射频连接器和屏蔽装置。11850B功率分配器含有三个50 Ω ~75 Ω 11852A型低损耗衰减器。

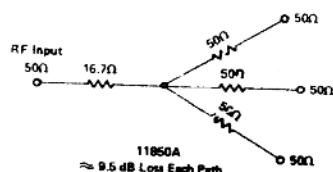


图5 11850A (每通道损耗约为9.5dB)

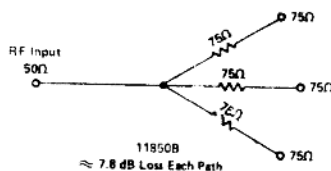


图6 11850B (每通道损耗约为7.8dB)

8502A(50 Ω)或8502B(75 Ω)传输/反射测量装置内含一个功率分配器和一个同时允许传输和反射测量的定向电桥。此外,它还含有一个0~70dB,10dB步进衰减器,该衰减器能单独控制入射信号电平,而与参考信号电平的大小无关。8502B还含有一个50 Ω ~70 Ω 11852A型低损耗衰减器。

利用8503A(50 Ω)或8503B(75 Ω)S参数测量装置对需要测量正反向特性的两端

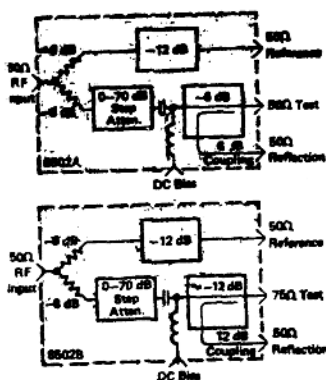


图 8

口器件进行传输测量和反射测量是很容易的。使用了这种测量装置及其电缆，测量时不必断开被测器件并重新反接，便可进行正反向特性的测量。此外，该装置还有供测试晶体管用的直流偏压接口。

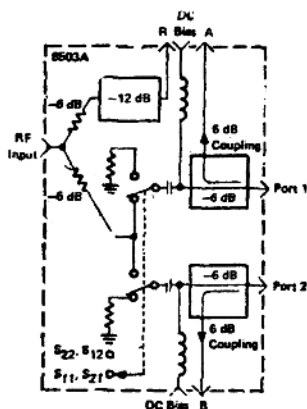


图 10

测量程序介绍

在对8505A和上述测量装置基本了解之后，用一个具有已知特性的带通滤波器或类似的器件，按下列典型的操作程序即可测量插入损耗或传输插入增益了。如果没有仪器，则可参阅指南后面折页上的照片（见原

文）来确定各种调节旋钮的位置。测量程序的介绍是假定测量中应用了8502测量装置，或者应用了前面板上的S参数选择开关置于正向位置的8503测量装置来进行的。

连接测量装置—见原文连接图。注意，开始不接被测器件。

调整信号电平—把输入电平dBm极限开关调到-10的位置，用输出电平dBm开关和微调旋钮给测试器件调整一个大约的信号电平。（必要的话，可参阅第18页上的功率电平测量程序来测量绝对功率）。

测量选择—进行传输测量时，把通道1的输入开关调到B/R位置；进行幅度比测量时，把方式开关置于幅度位置，把刻度/格开关置于10dB/格位置。另外，把通道2的方式开关和电长度的方式开关置于断的位置。

调整示波管的显示—按住参考线位置/射线中心按钮以显示出参考线，然后用通道1上下钮（CH1 $\updownarrow$ ）把参考线调到需要的位置，通常是调到荧光屏的中间位置，最后，把触发开关调到自动位置。

调整扫描频率—把MHz量程开关调到包括所要测的频率范围的最低量程位置，把扫描振荡器的方式开关调到线性扩展位置，宽度开关调到起始/停止1的位置，然后用MHz频率显示装置下面的频率旋钮调整扫描频率的端点，从MHz频率显示装置读出扫描频率的端点。

校准—连接直通件，把频标开关置于1档，然后用旁边的微调旋钮把上方所指的测量频标调到所要求的校准频率。将通道1的频标(MKR)按钮按下，然后再按住零(ZRO)按钮，直到显示出0，扫描线移到参考线为止。这样，就确定了0dB插入损耗或0dB插入增益时的测试装置的频率响应。

连接被测器件—见连接图。

读取测量值—用频标微调旋钮1把测量频标调到扫描线上的待测点，如果要固定扫描

线以便于观察的话,则可利用CH1调节旋钮或通道1的参考偏移(REF OFFSET)按钮进行调节。(向Δ调,扫描线向上移,向▽调,扫描线向下移)。由MHz频率计显示装置读取测量频标所指处的频率数。按通道1的参考按钮以显示参考线的值,然后,按频标按钮以显示频标距离参考线的位移,测量值(dB)即为参考值与频标的指示值之和。

下面比较详细地介绍一下上述步骤中所用调整旋钮的功能。

调整信号电平

调整扫描振荡器的输出电平

用输出电平衰减器旋转开关和微调旋钮,在+10~-72dB范围内,可连续调整射频接头处扫描振荡器的输出电平。旋钮开关和微调旋钮调节量之和就是射频(RF)输出电平(误差±1dB),例如,旋转开关位于-30,微调旋钮位于-6时,射频插头输出电平为-36(±1)dB。

调整参考通道和测试通道的输入电平

R、A或B输入端施加的最大信号电平不是-10dBm,就是-30dBm,它取决于输入电平极限开关的调节位置。如果任一输入端输入的信号电平大于极限开关的调节量,那么,开关上方深色面板上的R、A或B过载指示灯就会点亮,它表明输入信号已接近输入混频器的压缩点,此时测量将会产生误差。

极限开关通常置于-10的位置,测量中如果A或B的输入电平低于-80dBm, R输入电平低于-30dBm,则把输入电平dBm极限开关置于-30的位置,此时,会增加供给检测器的信号电平(并能适当增加显示补偿),从而减小低信号电平测量时所产生的幅度、相位和延迟的测量误差。

信号电平的考虑

当输入电平接近最大值时,测量误差为最小。例如,测试输入电平从-20dBm降到

-100dBm时,幅度比的测量误差便从±0.01dB增加到±4.0dB。R、A和B的输入范围一样,都是从-10dBm到-110dBm,因此,都具有100dB的测量动态范围。但是,为了获得比值测量的最好结果,在进行幅度、相位和延迟测量时,输入信号应分别大于-110dBm、-100dBm和-90dBm。

在校准和测量过程中,参考信号电平应保持不变,校准时的测试输入电平确定了测量时不发生过载或测量误差过大所允许的增益和插入损耗的测量范围。

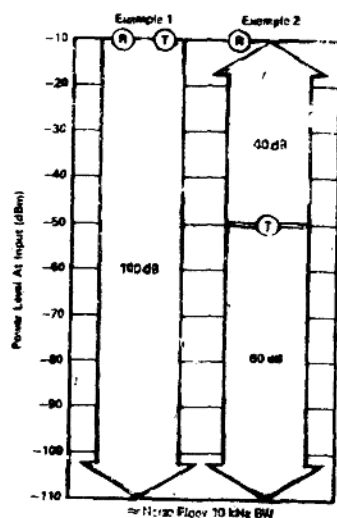


图 15 第二条线以下约为10kHz噪声

此图举出了两个例子。例(1)表示一个参考输入和测试输入均为-10dBm的无源器件的校准电平。当校准于这一电平之后,8505可以测量插入损耗大于100dB的被测器件的幅度比。例(2)表示一个有源器件的校准电平,图示表明参考电平调到-10dBm,测试通道电平调到-50dBm,校准于这两个电平后,幅度比可以测到40dB的增益和大于60dB的插入损耗。

在低信号电平时,测量误差被看作是示波管扫描上的噪声。通过选择1kHz中频带宽(1kHz带宽按钮在示波管的右边)以减小预检测的带宽和提高进入检测器的信噪

比。通过选择视频滤波器以减小后检测带宽，因而也就减小了由检测器的噪声所引起的剩余误差。在低信号电平测量时，有时需要用较慢的扫描。

测量选择

通道1和通道2的方式与输入开关可以单独进行功能切换以选择示波管上的测量显示。

图17表示，当R输入参考信号、A输入

反射信号、B输入传输信号时，选择A、B任一通道的方式和输入开关位置的各种组合下的显示形式和测量内容。

方式开关选择幅度、相位和延迟档时，测量结果用笛卡尔坐标形式显示，选择极坐标幅度和极坐标相位档时，测量结果用极坐标形式显示。方式开关只有置于幅度位置时，才能选择R、A或B的位置，方式开关同时还选择相应的dB、度、微秒和纳秒单位指示装置的指示，该指示装置位于测量值

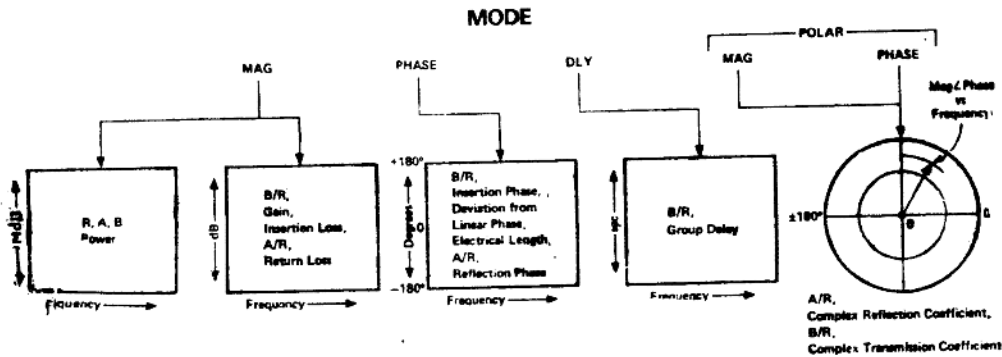


图 17

发光二极管显示装置的旁边。示波管的扫描对极坐标的幅度和相位两个位置是一样的。在极坐标幅度位置时，显示的是测量频标指定位置的dB数，而在极坐标相位位置时，显示的是频标指定位置的相位角。

当选用A/R和B/R输入时，示波管的扫描和测量值总是用测试通道与参考通道之比来表示。

刻度/度开关有四种刻度，其中，幅度、相位和延迟三种刻度调整笛卡尔坐标显示的每个分度的值，而极坐标满度刻度则是确定示波管显示的极坐标外圈的线性传输或反射系数的值。注意，群延迟的刻度使用了与MHz量程开关位置相应的附加刻度系数。

按下述方法你可实际操作一下，把射频输出直接接到R、A或B中的任意一个输入插头上，把输入电平dBm极限开关调到-10，输出电平dBm微调调到-12，输出电平dBm衰减器旋转开关调到-10，然后把微调旋钮向0旋转，同时，注意过载指示灯亮的调整位置。以上就是对8505A的信号源与接收装置所进行的最简单的操作检查。过载指示灯约在输入电平开关调整于 ± 2 dB时发亮，之后，在其它两个输入通道以及把输入电平dBm极限开关置于-30，在三个输入通道上进行同样的操作。

观察示波管的扫描情况时，要把通道1或通道2调到R、A或B的幅度位置，把刻度

/度开关调到10dm/度位置,并且重复上述的操作方法。如果没有扫描显示,则按下面的介绍调整示波管的显示部分。

调整示波管的显示

按住参考线位置/射线中心按钮,在扫描回扫期间,便显示出笛卡尔坐标的参考线或者极坐标射线的中心线。聚焦、辉度、刻度照明以及扫描线位置的调整都采用统一的旋钮。插图列出了调整笛卡尔坐标参考线和极坐标扫描射线中心位置的程序。

按下参考线位置/射线中心按钮

将通道2的方式(MODE)开关置于“断”(OFF)的位置。

将通道1的方式开关置于幅度(MAG)、输入开关置于R位置。(用刻度/度开关或按参考偏移(REF OFFSET)按钮,移动示波管的扫描线使之离开参考线)。

转动CH1,调好参考线的位置

将通道1的极坐标开关置于幅度位置

调节极坐标上下(POL)和左右(POL)调节旋钮,使扫描射线位于中心。

将通道1的方式开关置于“断”

将通道2的方式开关置于幅度,输入开关置于R位置

转动CH2,使扫描线与参考线重合

重新按参考线位置/射线中心按钮,使之释放。(也可以保持按下状态)

对笛卡尔坐标显示来说,扫描刻度/度从参考线位置开始展宽或缩小。参考线的初始值是0dB、0°或0秒,而扫描线则按频率特性的正负显示在参考线的上方或下方。

用CH1和CH2旋钮能够把参考线随时调到示波管上任何位置,而不会影响校准值。

为了继续做上述操作,首先按住参考线位置/射线中心按钮,使参考线移到示波管的中心标线,然后连接测试器件,把通道1

和通道2的输入开关调到R、A或B,把测试方式开关拨到幅度位置。如果测量值显示装置旁的REL指示灯点亮,就按住清除按钮直到该灯熄灭为止。(熄灭时间每个输入位置大约都是2秒。)假定参考线为0dBm,观察扫描线离开参考线的位置,从示波管的显示上读出R、A和B输入端的功率。

对于极坐标显示来说,从极坐标刻度可直接读出反射系数和传输系数值。读取幅度比时,射线的中心是0反射系数(回波损耗dB为无限大)和0传输系数(插入损耗为无限大)点。而外圈是幅度比的参考线,其线性的系数值对应于刻度/度开关所选择的极坐标满度刻度值。当满刻度为1(并且参考偏移为0dB)时,外圈表示反射系数是1(回波损耗为0dB)传输系数也是1(插入损耗为0dB),读取相位角时,0度参考线是坐标中心线与一系列同心圆相交的右半部分,而相位角的刻度是0~±180°。

调整扫描频率

扫描频率是由MHz量程,方式和宽度开关来控制的。MHz量程开关选择频率范围,方式开关选择是对数还是线性满度扫描,或者由宽度开关选择的线性扩展扫描。在宽度开关的起始终止1,起始终止2以及等幅波±频差(CW±ΔF)这几个位置,用MHz频率显示装置和频率旋钮,能够调整和储存一个独立的扩展扫描。为熟悉扫描振荡器各个旋钮和开关的使用方法,请按下列程序操作。

选择方式开关的对数满度或线性满度位置,选择笛卡尔坐标显示,根据宽度开关位置,显示向下指的频标。

把宽度开关调到起始终止1,用起始和终止频率调节旋钮调节频标的位置。

把宽度开关调到起始终止2,用起始和终止频率调节旋钮调节频标的位置。

把宽度开关调到 $CW \pm \Delta F$ ，用 $\pm \Delta F$ 频率旋钮调节 $\pm \Delta F$ 频标，用 CW 频率旋钮把 $\pm \Delta F$ 频标的中心调到感兴趣的位置。

把方式开关调到线性扩展位置，并用宽度开关选择扫描，除了交替（ALT）位置外，频率调节旋钮在宽度开关的所有位置都起作用。

在对数满度位置时，所选频率范围的整个频率是以一条对数频率轴扫描的。对数扫描的端点由MHz量程开关上面的开关确定，而对数频率的覆盖是重复的。在线性满度位置时，所选频率范围的整个频率（500kHz~13MHz、500kHz~130MHz、500kHz~1300MHz）是线性扫描。在两种扫描方式中，用起始/终止和 $CW \pm \Delta F$ 中的任何一个按钮在示波管扫描线上可放置两个箭头向下的频标以确定扫描的两个端点。频率调节旋钮可以调节这两个频标的位置，而旁边的微调钮可以进行细调，而且，不会改变MHz频率显示装置的显示情况。

对于交替位置，通道1显示起始/终止1位置上的扫描，通道2显示起始/终止2位置上的扫描。只要通道1不切断，兆赫频率显示装置的显示和兆赫频率计的读数就是加到起始/终止1上的扫描频率。在通道1被切断时，上述两种场合的读数就是加到起始/终止2上的扫描频率。

宽度开关位于等幅波（CW）位置时，频率计测量的是实际的等幅波频率，并用左边的六位数字兆赫频率显示装置显示出来。

在起始/终止和 $CW \pm \Delta F$ 位置时，MHz频率显示装置不具有计数器的精度，因而，除了调节近似的频率扫描宽度之外，其它不能使用。在MHz量程范围调得比较低时，剩余调频特性可得到改善。因此，测量时要选择能包括所测频率范围的最小调节位置。调整频率旋钮可使起始频率超过终止频率，但是，扫描线性变差并会降低频率和群延迟值测量精度。

调整扫描时间

进行一次所选频率范围内的扫描的时间是用扫描时间秒开关（SCAN TIME SEC）和它旁边的微调旋钮来选择的。测量开始时，先选择最快的扫描时间，然后再逐步减小，直到被测器件的频响无失真时为止。在已选频率的范围内，微调旋钮可连续调节。

读取测量值

读取示波管扫描线上的某一特定点的测量值的一般程序如下：

用参考偏移按钮和刻度/度开关调节示波管扫描线的位置。

将频标开关置于5档中的任意一档，然后用其旁边的带有数字的微调旋钮把频标调到示波管扫描线上的待测点。

从MHz频率计显示装置上读取待测点的频率。

按下REF按钮，读取参考线的值，按下频标（MKR）按钮，读取频标与参考线之间的位移，参考值十频标值，即为待测点的测量值。

参考值和频标值的显示方式

当按下REF按钮时，测量值显示装置便显示出参考线的赋值；当按下MKR按钮时，测量值显示装置便显示出所选测量频标离开参考线的位移，因此，示波管扫描线上任何一点的幅度、相位或延迟的数值为：

$$\text{参考值} + \text{频标值} = \text{测量值}$$

如果扫描线位置没有用参考偏移按钮调节过，那么，基准值便是0，而频标值就是测量值。

参考的偏移

按任何通道的参考偏移按钮，都会给该通道参考线的值以增量，因而改变了示波管扫描线相对于参考线的位置。按住参考偏移按钮不放，就会以大约每秒2个数字的速率增加相应的发光二极管的数字，清零（CLR）

按钮短暂地按一下,该通道的参考线就会复位到0。

把示波管扫描线移得离测量参考线近一些并不会提高测量的精度。事实上,即使扫描线和测量频标都跑到了荧光屏的外面,指示值仍是正确的。然而,当刻度/度开关置于右边四个位置中的一个,并且参考值或频标值大约小于8dB,80°或8个延迟单位时,所显示的参考值或频标值就增加了一个附加的小数位的分辨力。为了观察这一变化,选择频标方式,并把刻度/度开关调到右边四个位置中的任何一个,按参考偏移按钮使示波管扫描线朝向或离开参考线的方向改变位置。

使用参考偏移按钮,可以分别调整幅度、相位和延迟的扫描位置。参考值储存在六个单独的参考偏移寄存器中,寄存器每个通道都有三个,分别对应于方式开关的幅度、相位和延迟位置。(极坐标幅度位置与方式开关的幅度位置共用一个参考偏移寄存器,极坐标相位位置与开关相位位置共用一个寄存器。)

频率计

除等幅波外,在各种扫描方式中,MHz频率计显示装置都以MHz指示出测量频标所在位置上的频率数。

MHz频率计显示装置的分辨力靠选择MHz量程开关和扫描时间秒开关的位置来控制。慢速扫描时,频率计的分辨力较大,显示装置左边的数字会溢出一位甚至几位,同时,引起显示溢出的指示灯点亮。为了获得六位数频率计的分辨力,把扫描时间秒开关调到较快的扫描位置以观察最高位的有效数字,然后移到较慢的扫描位置以观察最低位的有效数字。

当频标旋钮开关从第二档转到第五档时,所有低号数的频标在示波管的扫描线上均指向下方,而所选择的频标则指向上方。

极坐标显示

对于选择极坐标幅度和极坐标相位的两种情况,示波管的扫描是一样的。前者,测量值显示装置读取的是频标所在位置上的幅度比,后者,读取的是频标所在位置上的相位角。

极坐标开关置于幅度位置时,显示的测量值和选择幅度位置时所显示的dB比值相同。线性系数的幅度部分可以从极坐标同心圆处的刻度线上读取,也可以用参考dB值+频标dB值和HP反射计计算尺(HPp/n 5952-0948)计算,或者按下列方程计算

$$\tau \text{ 或 } \rho = 10^{\frac{D}{20}} \text{ 式中 } D = \frac{\text{测量值}}{20}$$

式中 τ 和 ρ 分别表示线性传输系数或反射系数的幅度部分,测量值(dB)表示参考值+频标值。例如,如果参考值+频标值为-15dB,则线性系数的幅度部分为0.178。

线性系数的相位角 $\angle\phi$ 从极坐标刻度的径向射线读出,也可以通过选择极坐标相位位置和从测量值显示装置读取参考值+频标值来读出。

校准

对被测器件的测量是相对于具有已知频响特性的测量标准而进行的。为了得到一个正确的测量值作为测量标准所需要的偏移,而校准则是确定这种偏移。校准时使用的测量仪器和测量装置与测试时使用的应完全相同。

传输测量用的校准标准是一个直通件(把要连接被测器件的两个点连接起来)。完整的传输校准程序是:把传输信号与参考信号之间的幅度比调到1(0dB);补偿传输信号通道和参考信号通道之间任何的电长度差;调节相位到0°、群延迟到0秒。这样就确定了测试系统的传输系数为 $1\angle 0^\circ$ 、延迟为0秒,即对于一个零长度传输线的理论值。

反射测量的校准标准通常是一个接在测量平面上的短路电路装置，（按该装置的点，测试时连接被测器件。）完整地反射校准程序是：把反射信号和参考信号之间的幅度比调到1（0 dB）；补偿反射信号和参考信号通道之间的任何电长度差，调节相位到180°，这样就确定了测试系统的反射系数为1∠180°，即一个短路电路的理论值。

各种校准值被储存在各自的参考偏移寄存器中，每种测量均有一个寄存器。这样，在测量之前，你便能按程序进行传输和反射的幅度、相位和延迟的校准。校准值为通道1和通道2所共用，所以，对一个测量通道校准好之后，另一通道就不必再校了。同样，幅度和相位的校准值也是为笛卡尔坐标和极坐标两种显示方式所共用，所以，用一种显示方式校准之后，另一种方式就不必再校了。而且，只要仪器的电源不断，校准值就一直被储存着，只有在手动清除或改变之后，校准值才会改变。

通道1和通道2的0按钮起幅度、相位和延迟的校准作用。0按钮的操作取决于频标显示还是参考显示方式的选择。当进行幅度、传输相位和延迟校准时，按MKR和

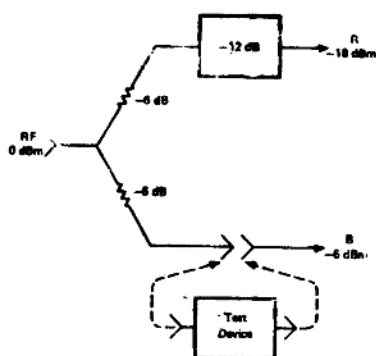
ZRO按钮程序是用来确定0位参考，MKR、ZRO储存把测量频标和轨迹移到参考线时所需要的偏移值。就反射相位校准所需要的+或-180°相位偏移而言，按REF、ZRO按钮程序是用来确定非0基准。

显示装置上面的REL指示灯点亮，表明校准偏移已被储存起来，并且，测量值是相对于校准标准而言的。按住清除按钮约1秒钟，储存的校准值就被清除，REL指示灯随之也熄灭。

MKR钮，ZRO钮的使用

为了用MKR钮、ZRO钮进行校准，先得选择好测量方式，选择MKR显示，然后按住ZRO按钮，直到频标移到参考线、测量值显示置0为止。（此调整是一个反复的过程，约需2~3次扫描才能完成。）此时，测量频标被置于参考线上，频标值与参考值均为0。这个过程把参考线指定到0位，然后把频标移到参考线所需要的偏移值储存起来。下面是用一台简单的接有直通件的传输测试装置进行幅度校准时，MKR、ZRO按钮操作的例子。

校准应在大于或等于测量时的分辨力的



B/R dB magnitude ratio:

$$\begin{aligned} &= B \text{ dBm} - R \text{ dBm} \\ &= -6 \text{ dBm} - (-18 \text{ dBm}) \\ &= +12 \text{ dB} \end{aligned}$$

B/R, MAG measured value:

$$= B/R \text{ dB} - \text{Stored calibration reference offset.}$$

Before calibration:

$$\begin{aligned} &= +12 \text{ dB} - 0.00 \\ &= +12 \text{ dB} \end{aligned}$$

After MKR, ZRO calibration:

$$\begin{aligned} &= +12 \text{ dB} - (+12) \\ &= 0.00 \text{ dB} \end{aligned}$$

图 28

情况下进行。因此，如要进行高分辨力的测量，校准应按两步来进行。第一步，把刻度/度开关调到左面四档中的任一位置，按频标按钮，然后，按住0按钮直到显示出0为

止。第二步，把刻度/度开关拨到右面四档（高分辨力档）中的任一位置，按住0按钮直到显示再次出现0为止。注意，在第二步中，显示的小数点会向左移一位。

校准寄存器中的各种偏移值不能显示出来。校准后的校准值不用检查,因为这个值只代表从测量值中除去测试装置的损耗和偏移所需要的偏移值。测量结果的绝对值是校准偏移值参考值和频标值的和,但是仪器能自动地从测量结果中减掉校准值,所以,被测器件的频响特性只由频标值+参考值来表示。

每按一次 0 按钮,就储存一个新的校准偏移值。例如,如果测量频标不在正确的校准频率位置时,第一次按 0 按钮时,频标就会移动,再次按 0 按钮时,频标就会指向正确的校准频率了。通常, ZRO 按钮仅在校准时使用。清除按钮稍微按一下,就能消除

掉所显示的参考值,但是,按的时间持续大约 1 秒钟,就会清除掉校准偏移值,如果按的时间再长,以致 REL 指示灯熄灭,那就要重新进行校准。

调整电长度

当线性插入相位的响应在所需要的频率扫描范围内保持不变(即恒定)时,参考信号和测试信号通道的电长度是相等的。当用笛卡尔坐标测量,扫描成为一条直线,或者用极坐标测量,出现一束细小的射线时,说明插入相位是恒定的。

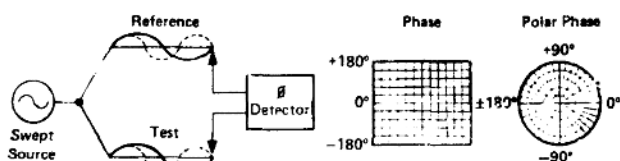


图 29 电长度相等,相位与频率的关系恒定

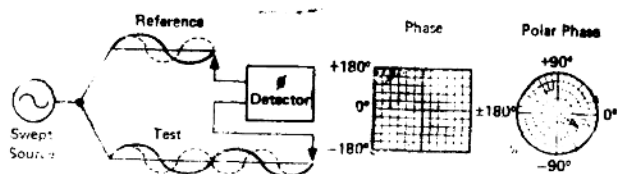


图 30 电长度不等,相位与频率的关系为线性变化

在控制面板上的电长度部分,输入开关选择电长度的显示,该电长度与参考信号通道相加或相减,可补偿 A 或 B 通道的测试信号。电长度偏移寄存器有两个,一个 A 通道用,另一个用于 B 通道。电长度按钮可使由输入开关所选择的寄存器获得增量,因而能使两个测试信号通道单独进行补偿。稍微按一下清除按钮,可使选用的寄存器和显示装置置 0。A、B 通道的微调旋钮可进行电长度的细调,而不改变长度值显示或 A、B 通道电长度寄存器中储存的值。把方式开关拨到“断”的位置来除去由输入开关选择的测

试信号通道的线长度的补偿。之后,移动输入开关到另一个位置以消除两个通道电长度的选择。

方式开关选择电长度的单位。当方式开关置于 $\times 1$ 或 $\times 10$ 档时,电长度以等效空气线长的单位 m 或 cm 来表示,并用显示装置上面显示的 m 或 cm 来示意。当方式开关置于相位 $\times 10^\circ$ /扫描位置时,在选择的扫描频率范围内,采用显示的相移度数的 10 倍来表示。增加或减少的插入相位,在扫描频率开始时为 0,在扫描结束时,以线性方式增加到显示度数的 10 倍。这种度/扫描方式所允

许的范围比×1或×10档的范围要大,通常,是用来测量电长度很长的设备。

在用相位×10°/扫描方式时,等效电长度利用下式可从显示值中计算出来:

$$\begin{aligned}\text{电长度(m)} &= \frac{\text{相位变化(度)}}{\text{扫描宽度(Hz)}} \\ &\times \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{360^\circ/\text{周}} \\ &= \frac{\text{显示值} \times (10)}{\text{扫描宽度(MHz)} \times 1.2}\end{aligned}$$

式中:显示值代表电长度的显示读数,扫描宽度代表选择的总的MHz频率的扫描。例如,如果拉平相位响应的扫描线,相位需要+1350°,而频率扫描范围为1100~1110MHz的话,那么,等效电长度的补偿值为:

$$\begin{aligned}(m) &= \frac{+1350}{(1110-1100) \times 1.2} \\ &= +112.50(m)\end{aligned}$$

通过选择A或B通道输入,使电长度与所接的校准标准相等,然后按下电长度ZRO按钮,就可以进行电长度的校准。显示值作为校准电长度的偏移值被储存在所选的储存电长度的寄存器中,然后,把显示值置0,REL指示灯点亮,这表明一个非0校准值被储存,并且,指示值是相对于校准值而言的。按住清除按钮直到REL指示灯熄灭,储存的校准值便置到0。每按一次ZRO按钮,就会给储存的校准值增加一个显示值。

传 输 测 量

这一部分介绍传输插入损耗和增益,插入相位、电长度、线性相位偏移和群延迟的测量方法。下面我们将逐项介绍这些方法。每项测量都有独立的调整、校准和测量程序,对于各种传输测量通用的校准程序,可参阅S参数测量中的通用校准程序。下面是

用8502传输/反射测量装置进行传输测量的连接图(图略)。

测量装置与被测器件用11851A电缆箱提供的电缆连接起来。被测器件的输入端与8502前面板上的测试接头相连接。在进行传输校准和电缆测试时它被接到被测器件的输出端,被直接接到8502的测试输出端。无论采用那种接法,测量时使用的电缆、附件和测试夹具,校准时也都要使用。

插入损耗和增益测量

下面列表说明测量插入损耗或增益的典型步骤:

调整

调整信号电平

调整扫描频率

调整示波管的显示

将频标旋钮开关置于1档,调节测量频标的位置,使MHz频率计显示出所需要的校准频率。

校准

连接直通件

将通道1的输入开关置于B/R,方式开关置于幅度,刻度/度开关置于10dB/度按MKR、ZRO按钮,直到显示出0为止。

测量

连接被测器件

调节测量频标到测量位置,读取幅度比(频标值+参考值)和频率数。

插入损耗和插入增益测量的校准是连接直通件,然后把传输信号和基准信号之间的幅度比调到0dB。被测器件接入之后,测量值出现负值,表示为插入损耗,出现正值,表示为增益。测量时,为得到最大的动态范围,应注意选择信号电平(见第5页)

这张图(略)表示的是一个带通滤波器幅度比的频响图。测量时,频标被置于通带中插

入损耗的最低点上。此测量没有加参考偏移（图中的0dB参考线用CH1或CH2调到了刻度的顶部）所以，显示的指示值即为插入损耗。

相对测量法

要想测出扫描线上的两点之间的差值，首先选择频标值的显示方式，其次把频标调到第一点上，通过加上或者减去参考偏移的补偿，使得频标读数为0，然后，把频标移到第二点，第二点的读数即为两点之间的差值。使用这种方法时，校准值保持不变，因此，测量值就是测量点的参考值与频标值之和。

采用下述方法不保留原来的校准值也能进行这种测量，具体的操作是，把频标调到第一点后，先按MKR按钮，再按ZRO按钮（直到显示出0为止），最后，将频标调到第二个点。采用这种方法时，存入了一个新的校准值，之后，所有的测量值读数（参考值+频标值）都是相对于第一点的，而不是相对于原来的校准值而言的。

上述两种方法测量结果是相同的，不过，第一种方法保留原来的校准值。这两种方法同样也适用于幅度、相位和延迟的测量。

3dB频率点的测量

作为应用实例，插入损耗或插入增益的测量程序还可用于测量滤波器的3dB点。

把刻度/度开关置于1dB/度

将扫描频率调到带有可见3dB点的通带扫迹的中心。

将测量频标调到通带中心位置或最小插入损耗的点上。

按MKR按钮，再按参考偏移按钮，使指示值为0。

移动频标位置，使频标值显示为-3.00dB。

从MHz频率计读取频率数。

将频标移动到另一个3dB点，读取频率

数。

轻微按一下清除按钮，消除参考偏移值。

注意，按清除按钮的时间一定要短，如果按时间超过大约1秒钟，REL指示灯将会熄灭，这表明原来存储的校准偏移值已被清除，需重新进行校准。

增益压缩

类似上述的方法可用来测量1dB的增益压缩输出功率。

将测量频标指向待测频率点。

调整输出电平dBm开关和微调旋钮以增加射功率电平直至幅度比开始下降为止。

按MKR按钮，再按参考偏移按钮使频标值为0。

增加射功率直到频标值等于-1dB。

用放大器增益与扫描振荡器输出功率之和，然后减去测量装置的传输损耗，可以估算出放大器的输出电平。把被测器件的输出端与输入端B直接连接，并把输入开关置于B，方式开关置于幅度位置后，测出绝对功率电平，则可进行较精密的测量（见第5页）。

插入相位测量

下面列表说明测量插入相位的典型步骤：

调整

调整信号电平

调整扫描频率

调整示波管显示

将频标旋钮开关置于1档，调节测量频标的位置，使MHz频率计显示出所需要的校准频率。

校准

连接直通件

将通道1的输入开关置于B/R，方式开关置于相位，刻度/度开关置于90°/度位置。

将电长度部分的输入开关置于B, 方式开关位置根据需要确定(通常置于 $\times 1$ 或 $\times 10$ 档), 如果REL指示灯点亮, 则按清除按钮。

选择电长度开关位置, 并调节微调旋钮B, 使扫描平直。

按住通道1的MKR和ZRO按钮, 直到显示出0为止。

测量

连接被测器件

电长度方式开关(如果选择相位 $\times 10^\circ$ /扫描档, 则为扫描宽度)位置与校准时相同。

把测量频标指向待测点, 然后读取插入相位(频标值十参考值)和频率。

这张图(略)是一个带通滤波器的插入相位图。8505A的相位测量范围是 $+180^\circ \sim -180^\circ$, 垂直线表示这些值之间的轮换线, 因此, 任何两条轮换线之间的扫描都代表 360° 相移。

为了说明图中的显示值的大小, 首先定出对应于所选扫描宽度的总的相移, 其方法如下: 把测量频标尽量向左调, 直到MHz频率计显示消失为止, 然后读取相位值(此例为 $+100^\circ$)。之后, 测定第一条轮换线前的总度数(此例为 $100+180$), 记下第二条以及之后的各轮换线的条数并乘以 360 (此例为 $3 \times 360^\circ$), 然后测定从最后一条轮换线到荧光屏右边的总度数(此例为 $180+60$), 这些值的总和即为扫描范围内总的相移。

$$(100+180)+(3 \times 360)+(180+60) \\ = 1600^\circ$$

如果测量插入相位时传输信号低于本底噪声, 那么, 示波管的扫描通常读作 0° 。

电长度测量

下面列表说明测量等效电长度的典型步

(• 译者注, 此处原文有错)

骤。

调整

调整信号电平

调整扫描频率

调整示波管显示

校准

连接直通件

将通道1的输入开关置于B/R, 方式开关置于相位, 刻度/度开关置于 $90^\circ/\text{度}$ 。

将电长度部分的输入开关置于B, 方式开关根据需要确定(通常置于相位 $\times 10^\circ$ /扫描位置)。

如果REL指示灯点亮, 则按清除按钮消除。

选择电长度开关位置并调节微调旋钮B, 使扫描平直。

按ZRO按钮

测量

连接被测器件

电长度方式开关(如果选择相位 $\times 10^\circ$ /扫描档, 则为扫描宽度)位置与校准时相同。

电长度部分调整

调节电长度按钮, 使扫描线在所测量的频率范围内平直。如果方式开关置于 $\times 1$ 或 $\times 10$ 档, 那么, 从电长度显示装置上可直接读取被测器件的等效电长度; 如果方式开关置于相位 $\times 10^\circ$ /扫描时, 则可根据下式计算出等效电长度

$$m = \frac{\text{显示值} \times 10}{\text{扫描宽度}(\text{MHz}) \times 1.2}$$

为使基准通道与接入测试装置的测试通道的电长度相等, 需要一个线性插入相位。上述测量就能测定这种线性插入相位。注意, 如果选用相位 $\times 10^\circ$ /扫描档, 测量时不能改变扫描宽度, 否则, 就会影响校准值; 而选用 $\times 1$ 或 $\times 10$ 档, 即使改变扫描宽度, 也不会影响校准值。选择相位 $\times 10^\circ$ /扫描档时, 电长度要通过计算才能获得。为了省去