



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 1673768 B

(45) 授权公告日 2013. 05. 29

(21) 申请号 200510069714. 9

US 6105157 A, 2000. 08. 15,

(22) 申请日 2005. 02. 25

US 2002/0123853 A1, 2002. 09. 05,

US 6499121 A, 2002. 12. 29, 全文.

(30) 优先权数据

10/786, 446 2004. 02. 25 US

11/045, 413 2005. 01. 27 US

审查员 王晓萍

(73) 专利权人 特克特朗尼克公司

地址 美国俄勒冈州

(72) 发明人 J·J·皮克尔德 K·谭

W·A·哈格鲁普 R·P·安德森

S·M·麦克马斯特斯

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

代理人 程天正 王忠忠

(51) Int. Cl.

G01R 35/00(2006. 01)

G01R 13/02(2006. 01)

(56) 对比文件

US 4890062 A, 1989. 12. 26,

EP 0381398 A2, 1990. 08. 08,

US 5734268 A, 1998. 03. 31, 全文.

US 6351112 A, 2002. 02. 26, 全文.

US 6691055 A, 2004. 02. 10, 全文.

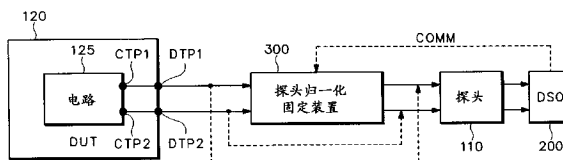
权利要求书5页 说明书10页 附图7页

(54) 发明名称

校准方法和设备

(57) 摘要

校准方法和设备。一种方法和设备, 适合用于校准测试探头和示波器系统, 特点在于: 基本上把探头的负载影响从测量中除去。



1. 一种适合于与测试探头一起使用的设备,所述测试探头具有与其相关联的阻抗和传递特性,所述设备包括:

存储器,用于存储与所述探头的阻抗和传递特性相关联的传递参数;和

可控阻抗器件,被安置在所述探头和被测装置之间,所述可控阻抗器件具有多个可选阻抗负载,每个可选阻抗负载都具有在所述存储器中存储的相关联的传递参数,用于对所述被测装置上的所述多个可选阻抗负载中的可选阻抗负载进行转换,以及

控制器,用于响应于控制信号而适配所述存储的传递参数;

其中所述控制器配置成经由具有多个可选阻抗负载的可控阻抗器件,从被测装置 DUT (120) 获得被测信号 SUT 在时域中的多个采样;

对所述多个可选阻抗负载中的每个所选校准负载,使用快速傅立叶变换将时域中的被测信号 SUT 的多个采样转换为频谱域表示;

根据多个可选阻抗负载的每个所选校准负载的频谱域表示来表征被测装置(120)在频谱域内的传递参数;以及

根据所表征的传递参数来计算均衡滤波器,所述均衡滤波器适合于补偿由对被测装置 DUT 的测量引起的所述被测装置 DUT (120) 的负载。

2. 如权利要求 1 所述的设备,还包括:

显示设备(270),用于显示表示从所述探头(110)接收并且根据均衡滤波器而适配的被测信号 SUT 的波形。

3. 如权利要求 1 所述的设备,其中:

所述可控阻抗器件的所述多个可选阻抗负载包括:电阻和电抗元件的可选择网络。

4. 如权利要求 1 所述的设备,其中,

所述设备包括测试固定装置,所述测试固定装置适合于把被测信号 SUT 从所述被测装置(120)连接到所述探头(110)的尖端。

5. 如权利要求 4 所述的设备,其中:

所述测试固定装置(300)经由测试固定装置探头尖端与所述被测装置(120)相连接。

6. 如权利要求 5 所述的设备,其中:所述测试固定装置探头尖端包括多个测试固定装置探头尖端中的任一个,所述测试固定装置探头尖端中的每一个都具有与之相关联且存储在所述存储器(320)中的相应传递参数。

7. 如权利要求 6 所述的设备,其中:

响应于测试固定装置探头尖端与所述测试固定装置的连接,使用与连接的所述测试固定装置探头尖端相关联的所述传递参数来适配所述可控阻抗器件。

8. 如权利要求 1 所述的设备,其中:

所述设备被集成到所述探头(110)中。

9. 如权利要求 1 所述的设备,还包括:

通信处理器(310),适合于接收来自通信媒介(320,258)的传递参数。

10. 如权利要求 1 所述的设备,其中:

所述传递参数包括 S 参数和 T 参数中的至少一个。

11. 如权利要求 1 所述的设备,其中:

所述存储器(258)还存储附加传递参数,所述附加传递参数适合于表征在所述探头

(110) 能接入的测试点(DPT1, DPT2) 和不能接入的测试点(CTP1, CTP2) 之间安置的电路(125)。

12. 如权利要求 1 所述的设备, 其中:

所述设备有选择地适配所述测试探头的有效输入阻抗, 由此提供补偿结果和未补偿结果。

13. 一种用于处理从被测装置 DUT (120) 获得的被测信号 SUT 的多个采样的方法, 包括如下步骤:

经由包括多个可选校准负载(Z11... Zmn) 的信号通路, 从被测装置 DUT (120) 获得被测信号 SUT 在时域中的多个采样;

对所述多个校准负载(Z11... Zmn) 中的每个所选校准负载, 使用快速傅立叶变换将时域中的被测信号 SUT 的多个采样转换为频谱域表示;

根据多个校准负载(Z11... Zmn) 的每个所选校准负载的频谱域表示来表征被测装置 DUT (120) 在频谱域内的传递参数; 以及

根据所表征的传递参数来计算均衡滤波器, 所述均衡滤波器适合于补偿由对被测装置 DUT 的测量引起的所述被测装置(120) 的负载。

14. 如权利要求 13 所述的用于处理从被测装置(120) 获得的被测信号 SUT 的多个采样的方法, 还包括以下步骤:

经由不包括可选校准负载(Z11... Zmn) 的信号通路, 从被测装置 DUT (120) 获得被测信号 SUT 在时域中的多个采样;

使用快速傅立叶变换将来自被测装置(120) 的在时域中的多个采样转换为频谱域表示; 以及

使用均衡滤波器处理所获得的采样, 由此实现减小可归因于所述被测装置(120) 的测量负载引起的信号误差。

15. 如权利要求 13 所述的用于处理从被测装置(120) 获得的被测信号 SUT 的多个采样的方法, 其中表征传递参数的所述步骤包括为多个校准负载选择中的每一个计算与如下形式的双端口网络表示相关联的参数:

$$I = \begin{pmatrix} Td_1 & Td_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Tu_{11} & Tu_{12} \\ Tu_{21} & Tu_{22} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} Tf_{11} & Tf_{12} \\ Tf_{21} & Tf_{22} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} Tp_{11} & Tp_{12} \\ Tp_{21} & Tp_{22} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} Ts_{11} & Ts_{12} \\ Ts_{21} & Ts_{22} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ b_{is} \end{pmatrix}$$

其中: Td 是被测装置 DUT 的传递参数;

Tu 是部分被测电路的用户模型;

Tf 是探头测试固定装置的传递参数;

Ts 是示波器的传递参数;

Tp 是探头的传递参数; 且

b<sub>s</sub> 是在数字存储示波器 DSO 输出端测量的电压。

16. 如权利要求 15 的用于处理从被测装置(120) 获得的被测信号 SUT 的多个采样的方法, 还包括:

使用如下形式的等式来计算被测装置探测点(DTP1, DTP2) 处的开路电压 Vopen:

$$V_{open} = 2a_0 \frac{2}{Td1 + Td2}$$

其中  $a_0$  是在开路的情况下在 DSO 输出端的反射电压。

17. 如权利要求 16 所述的用于处理从被测装置(120)获得的被测信号 SUT 的多个采样的方法,其中使用具有如下形式的传递函数的滤波器来实现开路电压 $\hat{V}_{open}$  :

$$H = \frac{V_{open}}{b_{is}}$$

以使得 :

$$\hat{V}_{open} = H \cdot \hat{b}_s$$

其中  $b_{is}$  是在校准过程中第  $i$  个校准负载的测量值, $\hat{b}_s$ 是在测试过程中第  $i$  个负载的测量值。

18. 如权利要求 15 所述的用于处理从被测装置(120)获得的被测信号 SUT 的多个采样的方法,还包括 :

使用与被测装置(120)相关联的 S 参数和 T 参数中的至少一个来计算被测装置探测点(DTP1, DTP2)处的开路电压 $\hat{V}_{open}$ 。

19. 如权利要求 15 所述的用于处理从被测装置(120)获得的被测信号 SUT 的多个采样的方法,还包括 :

接收表征所述探头(110)和所述被测装置(120)之间电路(125)的传递参数 ;

所述均衡滤波器还适合于补偿由所述探头和所述被测装置(120)之间的所述电路(125)引起的所述被测装置(120)的负载。

20. 如权利要求 19 的用于处理从被测装置(120)获得的被测信号 SUT 的多个采样的方法,其中 :

所述传递参数从用户接收。

21. 一种用于处理从被测装置(120)获得的被测信号 SUT 的多个采样的设备,包括 :

用于经由包括多个可选校准负载(Z11... Zmn)的信号通路,从被测装置 DUT (120) 获得被测信号 SUT 在时域中的多个采样的部件 ;

用于对所述多个校准负载(Z11... Zmn)中的每个所选校准负载,使用快速傅立叶变换将时域中的被测信号 SUT 的多个采样转换为频谱域表示的部件 ;

用于根据多个校准负载(Z11... Zmn)的每个所选校准负载的频谱域表示来表征被测装置 DUT (120)在频谱域内的传递参数的部件 ;以及

用于根据所表征的传递参数来计算均衡滤波器的部件,所述均衡滤波器适合于补偿由对被测装置 DUT 的测量引起的所述被测装置 DUT (120)的负载。

22. 如权利要求 21 所述的用于处理从被测装置 DUT (120)获得的被测信号 SUT 的多个采样的设备,还包括 :

用于经由不包括可选校准负载(Z11... Zmn)的信号通路,从被测装置(120)获得被测信号 SUT 在时域中的多个采样的部件 ;

用于使用快速傅立叶变换将来自被测装置(120)的在时域中的多个采样转换为频谱域表示的部件 ;以及

用于使用均衡滤波器处理所获得的采样,由此实现减小可归因于所述被测装置(120)的测量负载引起的信号误差的部件。

23. 如权利要求 21 所述的用于处理从被测装置(120)获得的被测信号 SUT 的多个采样的设备,其中所述用于表征传递参数的部件包括用于为多个校准负载选择中的每一个计算与如下形式的双端口网络表示相关联的参数的部件:

$$l = (Td_1 \quad Td_2) \begin{pmatrix} Tu_{11} & Tu_{12} \\ Tu_{21} & Tu_{22} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} Tf_{11} & Tf_{12} \\ Tf_{21} & Tf_{22} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} Tp_{11} & Tp_{12} \\ Tp_{21} & Tp_{22} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} Ts_{11} & Ts_{12} \\ Ts_{21} & Ts_{22} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ b_{i,s} \end{pmatrix}$$

其中: Td 是被测装置 DUT 的传递参数;

Tu 是部分被测电路的用户模型;

Tf 是探头测试固定装置的传递参数;

Ts 是示波器的传递参数;

Tp 是探头的传递参数;以及

$b_{i,s}$  是在数字存储示波器 DSO 输出端测量的电压。

24. 一种用于处理从被测装置(120)获得的被测信号 SUT 的多个采样的测试和测量系统,包括:

信号分析装置(200),具有用于存储与所述信号分析装置(200)相关联的传递参数的存储器(240)并且用于经由信号通路从所述被测装置(120)获得所述被测信号 SUT 的时域采样;

探头(110),被安置在向所述信号分析装置(200)提供所述被测信号 SUT 的所述信号通路中,所述探头(110)具有与其相关联的用于存储与所述探头(110)相关联的传递参数的存储器(320);

探头归一化固定装置(300),被安置在耦合于所述被测装置(120)和所述探头(110)之间的所述信号通路中,所述探头归一化固定装置(300)具有多个可选校准负载(Z11...Zmn),每个可选校准负载(Z11...Zmn)都具有存储于所述存储器(320)中的传递参数(320);和

所述信号分析设备(200)中的控制器(250),具有相关联的存储器(258),与所述探头归一化固定装置(300)相通信,用于有选择地将所述探头归一化固定装置(300)中的所述多个可选校准负载(Z11...Zmn)中的所选校准负载耦合到所述被测装置(120)并且接收所述所选校准负载(Z11...Zmn)中的每一个的所述被测信号 SUT 的获得的采样,对所述多个可选校准负载(Z11...Zmn)中的每个所选校准负载使用快速傅立叶变换将被测信号 SUT 的多个时域采样转换为频谱域表示,并且根据多个校准负载中的每个所选校准负载的频谱域表示来在频谱域内表征所述被测装置(120)的传递参数,并且根据所述表征的传递参数来在频谱域内以  $H = \frac{V_{open}}{\hat{b}_{i,s}}$  的形式来计算均衡滤波器的传递函数,所述均衡滤波器适合于生成频谱域中的开路电压  $\hat{V}_{open} = H \cdot \hat{b}_{i,s}$  并对频谱域中的开路电压应用反傅立叶变换,以生成时域中的开路电压,来补偿由对所述被测装置(120)的测量以及所述测试和测量系统中的传输误差所引起的所述被测装置(120)的负载,

其中  $b_{i,s}$  是在校准过程中第 i 个校准负载的测量值,且

$\hat{b}_{i,s}$  是在测试过程中第 i 个负载的测量值。

25. 如权利要求 24 所述的测试和测量系统,还包括:

显示设备(270),用于显示表示从所述探头(110)接收并且根据所述均衡滤波器而适

配的被测信号 SUT 的波形。

26. 如权利要求 24 所述的测试和测量系统,其中:

所述可选校准负载( $Z_{11} \dots Z_{mn}$ )包括:电阻和电抗元件的可选择网络。

27. 如权利要求 24 所述的测试和测量系统,其中:

所述探头归一化固定装置(300)适合于将所述被测信号 SUT 从所述被测装置(120)连接到所述探头(110)的尖端。

28. 如权利要求 27 所述的测试和测量系统,其中:

所述探头归一化固定装置(300)经由测试固定装置探头尖端与所述被测装置(120)相连接。

29. 如权利要求 28 所述的测试和测量系统,其中:所述测试固定装置探头尖端包括多个测试固定装置探头尖端中的任一个,所述测试固定装置探头尖端中的每一个都具有与之相关联且存储在所述存储器(320)中的相应传递参数。

30. 如权利要求 24 所述的测试和测量系统,其中:所述探头归一化固定装置(300)被集成到所述探头(110)中。

31. 如权利要求 24 所述的测试和测量系统,还包括:

通信处理器(310),适合于接收来自通信媒介(320,258)的传递参数。

32. 如权利要求 24 所述的测试和测量系统,其中:

所述传递参数包括 S 参数和 T 参数中的至少一个。

33. 如权利要求 24 所述的测试和测量系统,其中:

所述相关联的存储器(258)还存储附加传递参数,所述附加传递参数适合于表征在所述探头(110)可接入的测试点(DPT1,DPT2)和不可接入的测试点(CTP1,CTP2)之间安置的电路(125)。

## 校准方法和设备

### 技术领域

[0001] 本发明总体上涉及信号采集系统,尤其涉及减小由于例如被测装置的探头尖端负载所导致的测量误差的系统、设备和方法。

### 背景技术

[0002] 该部分继续申请要求于 2004 年 2 月 25 日提交的美国专利申请 No. 10/786, 446 的优先权。

[0003] 例如数字存储示波器 (DSO) 之类的信号采集和分析装置所使用的典型的探头,具有一个与之相关联的阻抗,该阻抗随着频率的变化而变化。例如,典型的探头在直流电时可以有 100K 到 200K 欧姆的阻抗,该阻抗在 1.5GHz 时落到 200 欧姆。探头在越高的带宽上就落为越低的阻抗值。随着频率增加阻抗的下降,加上许多被探测的电路在 25 欧姆-150 欧姆范围内有相对低的输出阻抗的事实,结果导致了探头给被测电路带来了显著的负载。同样地,在探头引入之前,通过对该电路引入负载的探头获得的波形不能准确地表示该电路的电压。

### 发明内容

[0004] 现有技术的这些和那些不足由本发明的系统、设备和方法得以解决,由此减小由于例如被测装置的探头尖端负载所导致的测量误差。简而言之,本发明提供一种校准探头和示波器系统的方法,使得基本上把探头和示波器的负载和带来的影响 (through effect) 从测量中除去。因此,用户将看到表示被测电路信号在时域的显示,正如在探头接触到电路之前会显示的那样。

[0005] 特别地,根据本发明一个实施例的一种设备,适合于供测试探头使用,该测试探头具有与之相关联的阻抗,该设备包括存储器,用来存储与探头阻抗相关联的传递参数;和可控阻抗器件,响应于所存储的传递参数来适应测试探头的有效输入阻抗。

[0006] 根据本发明的一个实施例的方法,包括:经由包含多个可选阻抗负载的信号通路从被测装置采集多个样值;在谱域和振幅域的至少一个域中适应可选阻抗负载以表示 DUT(device under test) 的阻抗的特征;计算均衡滤波器,该均衡滤波器适合于补偿由测量 DUT 给 DUT 所带来的负载;经由未包含可选阻抗负载的信号通路从 DUT 采集样值;和使用均衡滤波器来处理所采集的样值,并由此实现减小由于所述 DUT 测量负载导致的信号误差的目的。

### 附图说明

[0007] 通过下面结合附图的详细描述可以很容易的理解本发明,其中:

[0008] 图 1 显示了根据本发明的一个实施例布置的、包括被测装置的测试系统的高层框图;

[0009] 图 2 显示了信号分析系统的高层框图;

- [0010] 图 3 显示了适用于图 1 的系统中使用的探头归一化固定装置的高层框图；
- [0011] 图 4 显示了示例性的探头归一化测试通路的双端口模型；
- [0012] 图 5 显示了根据本发明实施例的方法的流程图；
- [0013] 图 6 显示了本发明的一个实施例；和
- [0014] 图 7 显示了适合于本发明的一个实施例的用户界面屏幕；
- [0015] 为了便于理解，使用相同的附图标记，在可能之处指定了附图所共有的相同元件。

### 具体实施方式

[0016] 图 1 显示了根据本发明的一个实施例布置的、包括被测装置的测试系统的高层框图。特别地，探头 110 可操作地连接到例如 DSO 200 的信号分析装置以用来向其提供从被测装置 (DUT) 120 所接收的被测信号 (SUT)。插在 DUT 120 和探头 110 之间的是探头归一化 (normalization) 固定装置 (fixture) 300。

[0017] 在校准运行模式下，DUT 120 和探头 110 之间的信号通路通过探头归一化固定装置 300。在非校准运行模式下，在 DUT 120 和探头 110 之间的信号通路直接连接，而不包括探头归一化固定装置 300。校准模式信号通路由实线表示，而非校准模式信号通路用虚线表示。应当注意到：图 1 所示的探头通路包括例如在差动式探头的情况下使用的两个探头通路。在可替换实施例中，使用单端或非差动式的探头，其中第一通路通过被测信号而第二通路可操作地连接到公共点或接地点。通常来讲，归一化固定装置适合于能够表示被测装置的特征以便计算均衡滤波器。在从 DUT 120 和探头 110 之间的信号通路上移去归一化固定装置之时，使用均衡滤波器来处理从 DU 所采集的样值，以便使得给由 DUT 所提供的 SUT 带来的信号的退化或假象在系统中能够补偿，从而有效地去嵌入 (de-embed) 由测试和测量系统给 DUT 所带来的负载。

[0018] 探头通路 ( 示例性给出两条 ) 耦合到 DUT 120 的第一装置测试点 DTP1 和第二装置测试点 DTP2。可选地，DUT 120 内部是电路 125。电路 125 包括第一电路测试点 CTP1 和第二电路测试点 CTP2，其中 CTP1 连接到 DTP1，CTP2 连接到 DTP2。例如，DUT 120 可以包括一带有多个引脚的集成电路 (IC)，这些引脚包括与测试点 DTP1 和 DTP2 相关联的引脚，而在该 IC 电路中的管芯包括电路测试点 CTP1 和 CTP2。这些测试点的区别和与这些测试点相关联的运行参数的特征将在下面参考图 4 更详细的讨论。

[0019] 本发明能够起到如下的作用：校准探头 110 以及可选地还校准 DSO 输入通道，以便把各个信号退化影响从 DUT ( 或电路 ) 的测量中除去 ( 即去嵌入 )。该去嵌入过程通过使用双端口 S 参数或 T 参数表示来表示探头和其他元件的特征而得以实施，所述表示可以被用来调整探头归一化固定装置 300 中的阻抗归一化参数和 / 或过滤用来在 DSO 200 中处理采集的样值流的参数。

[0020] 可选地，用户可以将例如双端口 S 参数或 T 参数表示的数学模型插入到信号测量通路中以补偿被测装置的示波器探头尖端和被测装置的具体测量点之间的信号退化或特征。照此，集成电路 (IC) 可以在其各自的测试点被探测以便给要加以分析且确切地代表在管芯本身处的信号的电压或者信号提供在测试点 ( 例如 DTP1，DPT2 ) 和管芯接口 ( 例如 CTP1，CTP2 ) 之间的信号通路的数学补偿。通常来说，本发明可以利用从例如用户接收且表示测试点和 DUT 之间的电路的特征的传递参数，以便使均衡滤波器等等的计算更适用于补

偿由探头和所述 DUT 之间的电路给 DUT 带来的负载。这种附加传递参数的插入在确定不同中间电路的影响也是有用的（所述中间电路即是指处于 DUT 或 DUT 部分和测试探头之间的电路），所述中间电路是例如不同的管芯层、封装、DUT 输出电路等等。

[0021] 在一个实施例中，本发明包括插在测试探头和被测装置 (DUT) 之间并且在按钮按压式的校准过程中使用的探头尖端固定装置。该校准过程不使用任何外部电压源，仅仅使用由被测装置提供的测试信号。该探头测试固定装置包括基于探头所选择且响应于被测装置或由被测装置产生的信号的多个负载（电阻和 / 或电抗性阻抗）。该多个负载包括电阻、电容和 / 或电感元件的串联、并联和 / 或串 / 并联的结合。该多个负载可以是无源的或有源的，可以使用中继器、固态开关装置，或其他选择装置来选择。该探头尖端固定装置可以包括一个适合于纳入探头的独立单元或者可以并入到探头本身中。

[0022] 在一个实施例中，多个负载被排列为一负载或阻抗矩阵。在各种实施例中，本发明提供能够使得从被测装置的测量中去嵌入探测的影响的新方法和相关联的探头归一化固定装置。

[0023] 本发明使用 S 参数或 T 参数的双端口矩阵来为与测量信号通路相关的每一个元件建立模型。可选地，一些元件不用建立模型。可以这样使用 T 参数，以便使得系统模型的每个元件的双端口矩阵可以通过按照它们出现在所述信号通路中的次序将它们相乘而采用直接的方式被计算。T 参数是传递参数，并且从 S 参数中导出。

[0024] 归一化固定装置和 / 或探头的 T 参数被存储在固定装置本身、探头或 DSO 中。在一个实施例中，探头的 T 参数被存储在探头中，而固定装置所使用的 T 参数被存储在固定装置中。示波器通道 T 参数可选地被存储在 DSO 200 中。

[0025] 由 DUT 提供的信号被用作校准过程的信号源。示波器使用固定装置内至少一些负载中的每一个来搜集测量值，然后计算 DUT 的 T 参数。一旦这变为已知，就移去该固定装置并把探头连接到 DUT 中的校准测试点。然后把基于校准的纠正滤波器应用到采集到的数据上，以便消除或弥补作为频率的函数的探头所带来的负载的影响。整个校准过程是自动的并且是从例如示波器上的单个菜单按钮激活。应该指出：固定装置可以在校准过程之后被放在合适的位置以便通过避免探测固定装置的物理移动来提高准确度（因为位置上的轻微变化就会影响校准）。

[0026] 现在将简单的论述 S 和 T 参数之间的关系。应当指出尽管在本发明的情景下主要描述了 T 参数，但是发明者也考虑到了使用 S 参数而不使用 T 参数。因而在这里讨论到 T 参数的存储和 / 或用的任何部分，S 参数均可以使用来作为替代。在处理这些算法的时候，T 参数可以从 S 参数中计算出。T 和 S 参数的关系由下面的等式 1 和 2 给出：

$$[0027] \quad \begin{pmatrix} T_{11} & T_{12} \\ T_{21} & T_{22} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\frac{S_{11}S_{22} - S_{12}S_{21}}{S_{21}} & \frac{S_{11}}{S_{21}} \\ \frac{S_{21}}{S_{21}} & \frac{S_{12}}{S_{21}} \end{pmatrix} \quad (\text{等式 1})$$

$$[0028] \quad \begin{pmatrix} S_{11} & S_{12} \\ S_{21} & S_{22} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{T_{12}T_{11} \cdot T_{22} - T_{12} \cdot T_{21}}{T_{22}} & \frac{T_{22}}{T_{22}} \\ \frac{1}{T_{22}} & \frac{-T_{21}}{T_{22}} \end{pmatrix} \quad (\text{等式 2})$$

[0029] 图 2 显示了适用于供本发明使用的、例如信号存储示波器 (DSO) 的信号分析装置的高层框图。特别地,图 1 的系统(信号分析装置)200 包括模数(A/D)转换器 212、时钟源 230、采集存储器 240、控制器 250、输入设备 260、显示设备 270 和接口设备 280。

[0030] A/D 转换器 212 响应由时钟源 230 产生的时钟信号 CLK 来接收和数字化 SUT。时钟信号 CLK 优选地是适于引起 A/D 转换器 212 以最大采样率运行的时钟信号,不过也可选择其他采样率。时钟源 230 可选地响应于由控制器 250 产生的时钟控制信号 CC(未示出)以改变与时钟信号 CLK 相关的频率和/或脉冲宽度参数。应当指出 A/D 转换器 212 经由探头(未示出)接收 SUT,所述探头可以包括一个差动式探头或单端(即非差动式)探头。

[0031] 由 A/D 转换器 212 产生的数字化输出信号 SUT' 被存储在采集存储器 240 中。采集存储器 240 与控制器 250 相互协作来以受控方式存储由 A/D 转换器 212 提供的数据样值,以便使得可以把来自 A/D 转换器 212 的样值提供到控制器 250 以供作进一步的处理和/或分析。

[0032] 控制器 250 被用来管理系统 200 的各种操作。控制器 250 对存储在采集存储器 240 中的数字样值执行各种处理和分析操作。控制器 250 经由例如键盘或定点设备的输入设备 260 接收用户命令。控制器 250 将图像相关的数据提供到显示设备 270,如阴极射线管(CRT),液晶显示器(LCD)或其他显示设备。控制器 250 可选地经由接口设备 280 与通信链路 COMM 通信,该通信链路诸如通用接口总线(GPIB),网际协议(IP),以太网或其他通信链路。应当指出的是根据所使用的特定通信网络来选择接口设备 280。下面将更详细的描述控制器 250 的一个实施例。

[0033] 图 2 的系统 200 被描述为只接收一个 SUT。然而,本领域的普通技术人员将理解系统 200 可以接收和处理多个 SUT。优选地使用各自的 A/D 转换器 212 处理每个 SUT,该各自的 A/D 转换器可以使用由公共的或各自的时钟源 230 或一些其他时钟源提供的时钟信号 CLK 来定时。每一个附加的数字化 SUT 被连接到采集存储器 240 或附加采集存储器(未示出)。任何附加的采集存储器直接地或间接地通过附加处理元件与控制器 250 通信。

[0034] 控制器 250 包括处理器 254 和用来存储各种程序 259P(例如,校准例程)和数据 259D(例如,与测试系统里面一个或更多元件相关的 T 和/或 S 参数)的存储器 258。处理器 254 与诸如电源、时钟电路、高速缓冲存储器等等的传统支持电路 256 以及辅助执行存储在存储器 258 中的软件例程的电路相互协作。同样的,考虑到的是:在这里所讨论的一些过程步骤-例如软件过程可以在硬件-例如和与处理器 254 相互协作以执行各种步骤的电路中实现。控制器 250 也包括输入/输出(I/O)电路 252,用于在与控制器 250 通信的各种功能元件之间形成接口。例如,控制器 250 经由信号通路 IN 与输入设备 260 通信,经由信号通路 OUT 与显示设备 270 通信,经由信号通路 INT 与接口设备 280 通信和经由信号通路 MB 与采集存储器 240 通信。控制器 250 也可以和附加功能元件(未示出)通信,例如这里描述的那些与附加通道相关的元件、SUT 处理电路、开关、抽取器等等。需要指出的是控制器 250 的存储器 258 可以被包括在采集存储器 240 中,采集存储器 240 可以被包括在控制器 250 的存储器 258 中,或者可以提供一个共享存储器设备。

[0035] 虽然根据本发明把控制器 250 描述为被编程以执行各种控制功能的通用计算机,但是本发明可以用硬件例如专用集成电路(ASIC)实现。同样,这里描述的过程步骤被广泛地理解为由软件、硬件或两者的结合等效地执行。

[0036] 图 3 显示了适合于图 1 系统使用的探头归一化固定装置的高层框图。特别地,图 3 的探头归一化固定装置 300 包括通信链路/控制器 310、S 或 T 参数存储器 320 和一可选阻抗矩阵 330。S/T 参数存储器 320 被用来存储与探头 110 相关的 S 或 T 参数,以及可选地存储 DUT 120、电路 125、DSO 200 或用户提供的参数中的任何一个。存储器 320 存储的参数示例性地经由通信链路/控制器 310 提供。通信链路/控制器 310 经由通信链路 COMM 可操作地连接到信号分析装置(例如 DSO)、计算机(未示出)或者其他测试系统控制器,其中通信链路 COMM 示例性地例如是以太网、通用串行总线(USB)或者其他通信链路。通信链路/控制器 310 还经由控制信号 CZ 来控制可选阻抗矩阵 330。

[0037] 可选阻抗矩阵 330 包括以矩阵形式排列的多个阻抗元件 Z。特别地,在第一行的第一阻抗元件标示为  $Z_{11}$ ,而在第一行的最后一个阻抗元件标示为  $Z_{1n}$ 。相似地,在第一列的最后一个阻抗元件标示为  $Z_{m1}$ ,而第 n 列的最后一个阻抗标示为  $Z_{mn}$ 。尽管被标示为一个可选阻抗元件的  $m \times n$  网格或矩阵,但是应当指出可以提供更加简化的阻抗元件阵列。也要指出:每个阻抗元件可以包括电阻元件、电容元件、感应元件和任何有源或无源阻抗元件的组合。阻抗矩阵 330 可以提供串联、并联、串和并联或其他有源或无源阻抗的组合以在 DUT(或电路)和探头 110 之间实现阻抗归一化的目的。

[0038] 通常来讲,阻抗元件矩阵 330 的目的是使探头 110 的输入阻抗适应于 DUT120(或电路 125)的输出阻抗,以避免或至少减少被测信号参数的不适当的负载,而同时还能有足够的信号传入探头。同时必须提供各种负载范围以便出现足够的 DUT 负载从而为校准过程提供好的信号噪声比。阻抗矩阵可以被修改以提供附加的归一化。即,除了只是归一化探头 110 之外,还可以应用探头归一化固定装置 300 来利用探头 110 结合 DSO 200 输入通道来归一化探头 110。本领域的普通技术人员将认识或从本发明的教导得知各种其他置换。

[0039] 探头归一化固定装置可以是独立元件或被并入到探头 110 中。通常来讲,探头归一化固定装置 300 包括一组适于连接到 DUT 的输入探头引脚和一组适于连接到探头 110 的输出探头引脚。在探头归一化固定装置 300 被包含在探头 110 中的情况下,电子的或机械选择装置可以被使用在探头 110 中以便能够方便地把探头归一化固定装置功能从在 DUT 和探头之间的电路通路上纳入和排除。下面将参考图 5 更详细的论述探头归一化固定装置的一个实施例。

[0040] S/T 参数存储器 320 可以包括用来存储固定装置负载的 S 或 T 参数的非易失性存储器。这些 S 或 T 参数可以经由通信链路 COMM 提供到示波器或计算机以便在信号分析装置中执行附加的处理。在一个实施例中,探头归一化固定装置 300 有与之相关的多个探头尖端,这些探头尖端适合于由例如不同被测装置、不同测试程序等等(例如,电流探头、电压探头、高功率探头等等)使用。这些探头尖端的每一个的特征可以由各自的 T 参数或 S 参数表示来表示,其中 T 参数或 S 参数可以存储在探头归一化固定装置 300 的存储器 320 中。在一个实施例中,通信链路控制器 310 检测相连的探头尖端的类型并相应地修改存储器 320 中的 T 参数或 S 参数。这样,与归一化固定装置 300 的特定探头尖端相关的 T 参数或 S 参数可以被包含在一组描述测试电路的等式中。与一个或多个探头尖端相关的 T 参数或 S 参数可以被存储在探头、探头尖端、示波器或者固定装置的存储器中。

[0041] 图 4 描述了示例性的双端口模型和相应的探头归一化测试通路的等式,其中测试和测量系统中的多个元件的模型被建立为 T 参数 2-端口网络的串联连接。特别地,图 4 的

模型 400 (和相应的等式 400EQ) 包括一被测装置双端口网络 410 (表示为 Td), 固定装置双端口网络 420 (标示为 Tf), 探头双端口网络 430 (标示为 Tp) 和示波器双端口网络 440 (标示为 Ts)。DUT 双端口网络 410 被描述为包括 DUT 网络 412 (Td) 和用户模型 414 (表示为 Tu)。

[0042] 用户模型双端口网络 414 (Tu) 可选择地来提供, 并为被测装置的部分硬件给出 T 参数模型。例如, 用户模型 414 可以被用来代表在可接入的部分 (即探头可操作地连接的地方) 与 DUT 中通常不可接入的希望测试的部分 (即在管芯中或在边缘的部分) 之间的 DUT 部分的运行特征。用户模型通过让用户将 S 参数模型 (或者 T 参数模型) 装载到例如 DSO 中来调和这个, 这里其成为校准过程的一部分。例如, 如果用户知道从 IC 引脚到管芯片的结合线连接的 S 参数, 那么该连接的 T 参数模型可以作为 Tu 矩阵被包括在校准中。在系统校准之后, IC 引脚的探头将产生一个代表管芯芯片信号电平的波形。

[0043] 通常, 本发明通过使用对固定装置中的每个校准负载的被测入射信号即  $b_s$  的 FFT 变换来获得频谱域的结果。在计算出最后的  $v_{open}$  之后, 通过使用 IFFT 将结果变换回时域。在一个实施例中, 使用滤波器来实现 FFT 和 / 或 IFFT 操作。

[0044] 为了说明起见, 做出几个假设。对于初始推导, DUT 双端口模型将被假设为带有输入入射信号 a 和反射信号 b, 其中 a 和 b 被归一化使  $a+b=1$ 。Td、用户 DUT, 将带有内部信号并产生被称为归一化 Td 的参数。还假设测量系统的模型是 S 参数双端口网络的串联, 其被转换为 T 传递参数以方便矩阵求解。这些双端口网络代表了用户的被测电路并且次序从左到右 (根据图 4 和等式 3) 是 DUT、用户 DUT 模型、固定装置、探头和示波器。

[0045] 为了简化测量等式, 假设示波器的频率响应和它的输入连接器是足够平的。还假设到端口模型 Td 的输入电压是  $a+b$ ,  $a+b$  在 Td 电路输入端口是内部恒稳电压源。还假设示波器输入通道和连接器在相关带宽上提供相对平的 50 欧姆阻抗的匹配。然而, 其他测量方式也可以考虑示波器响应的参数。这不排除 T 参数也会被包括在归一化中的可能性。也可做一个假设,  $a_s$  在 S 参数模型的双端口对于示波器等于 0。

[0046] 等式 3

$$[0047] \begin{pmatrix} b \\ a \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Td_{11} & Td_{12} \\ Td_{21} & Td_{22} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} Tu_{11} & Tu_{12} \\ Tu_{21} & Tu_{22} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} Tf_{11} & Tf_{12} \\ Tf_{21} & Tf_{22} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} Tp_{11} & Tp_{12} \\ Tp_{21} & Tp_{22} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} Ts_{11} & Ts_{12} \\ Ts_{21} & Ts_{22} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} a_s \\ b_s \end{pmatrix}$$

[0048] 其中: Td 是 DUT 的传递参数;

[0049] Tu 是部分被测电路的用户模型;

[0050] Tf 是探头测试固定装置的传递参数;

[0051] Ts 是示波器的传递参数;

[0052] Tp 是探头的传递参数;

[0053]  $b_s$  是在 DSO 输出端测量的电压; 和

[0054]  $a_s$  是在 DSO 输出端的反射电压 (对于该推导假设为 0, 不过其他推导和实施例可以包含它)。

[0055] 考虑到  $a+b=1$  和  $a_s=0$  的假设, EQ3 可以重写为如下:

[0056] 等式 3A

[0057]

$$(1 \ 1) \begin{pmatrix} b \\ a \end{pmatrix} = (1 \ 1) \begin{pmatrix} Td_{11} & Td_{12} \\ Td_{21} & Td_{22} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} Tu_{11} & Tu_{12} \\ Tu_{21} & Tu_{22} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} Tf_{11} & Tf_{12} \\ Tf_{21} & Tf_{22} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} Tp_{11} & Tp_{12} \\ Tp_{21} & Tp_{22} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} Ts_{11} & Ts_{12} \\ Ts_{21} & Ts_{22} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ b_s \end{pmatrix}$$

[0058] 这样；

[0059] 等式 3B

[0060]

$$1 = a + b = (Td_1 \ Td_2) \cdot \begin{pmatrix} Tu_{11} & Tu_{12} \\ Tu_{21} & Tu_{22} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} Tf_{11} & Tf_{12} \\ Tf_{21} & Tf_{22} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} Tp_{11} & Tp_{12} \\ Tp_{21} & Tp_{22} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} Ts_{11} & Ts_{12} \\ Ts_{21} & Ts_{22} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ b_s \end{pmatrix}$$

[0061] 其中

[0062]  $Td_1 = Td_{11} + Td_{21}$  (等式 3C)

[0063]  $Td_2 = Td_{12} + Td_{22}$

[0064] 应当指出的是：每一个负载的不同组的 Tf 转换到 DUT。Tf<sub>1</sub> 和 T<sub>p</sub> 的值在探头和固定装置制造的时候被测量并且被分别存储在探头和固定装置中。通过测量具有每个负载为 Tf 的 b<sub>s</sub> 的值然后求出适当的等式组来计算 Td 的值。测试设置要求测试固定装置与 DUT 连接并且探头连接到测试固定装置中。

[0065] 图 5 显示了根据本发明实施例一个方法的流程图。图 5 的方法 500 适用于在例如图 1 的系统 100 使用。该方法使用如上讨论的双端口模型并且假设由 DUT 提供的测试信号是相对稳态的信号（即，相对平稳的或者重复的频率和 / 或时域能量分布）。这里参考图 5（和其他图）讨论的等式显示了多个双端口表示，包括被测装置、用户、归一化固定装置、探头和 / 或示波器 T 参数。本发明可以仅仅使用设备参数 Td，固定装置参数 Tf 和探头参数 T<sub>p</sub> 来实现，其中根据本发明的方法和设备适合于补偿探头给被测装置所带来的负载。添加示波器 T 参数 T<sub>s</sub> 和 / 或用户参数 Tu 可以用在各种实施例中。这样，在没有用户 (Tu) 和 / 或示波器 (T<sub>s</sub>) 参数的条件下，可以利用这里提供的等式。

[0066] 方法 500 是从步骤 510 开始的，即从 DUT 中采集时域样值。

[0067] 在步骤 520 中，计算快速傅立叶变换 (FFT) 以获得 b<sub>s</sub>。参考方框 525，可以使用平均或非平均的数据执行该计算。

[0068] 在步骤 530，为（在归一化固定装置中的）多个负载选择的每一个测量 b<sub>s</sub> 和计算 Td。（对于典型实施例）使用以下等式计算 Td：

[0069] 等式 4

$$[0070] \quad 1 = (Td_1 \ Td_2) \cdot \begin{pmatrix} Tu_{11} & Tu_{12} \\ Tu_{21} & Tu_{22} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} Tf_{11} & Tf_{12} \\ Tf_{21} & Tf_{22} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} Tp_{11} & Tp_{12} \\ Tp_{21} & Tp_{22} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} Ts_{11} & Ts_{12} \\ Ts_{21} & Ts_{22} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ b_s \end{pmatrix}$$

[0071] 等式 5

$$[0072] \quad 1 = (Td_1 \ Td_2) \cdot \begin{pmatrix} Tu_{11} & Tu_{12} \\ Tu_{21} & Tu_{22} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} Tf_{21} & Tf_{22} \\ Tf_{11} & Tf_{12} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} Tp_{11} & Tp_{12} \\ Tp_{21} & Tp_{22} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} Ts_{11} & Ts_{12} \\ Ts_{21} & Ts_{22} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ b_{2s} \end{pmatrix}$$

[0073] 等式 6

$$[0074] \quad 1 = (Td_1 \ Td_2) \cdot \begin{pmatrix} Tu_{11} & Tu_{12} \\ Tu_{21} & Tu_{22} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} Tf_{31} & Tf_{32} \\ Tf_{21} & Tf_{22} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} Tp_{11} & Tp_{12} \\ Tp_{21} & Tp_{22} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} Ts_{11} & Ts_{12} \\ Ts_{21} & Ts_{22} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ b_{3s} \end{pmatrix}$$

[0075] 为了求解变量 Td1 和 Td2，从带有 2 个不同负载的测量获得的两个等式是足够的。然而，发明者注意到：从使用多个不同负载的测量得到的多个等式，通过例如简单的平均或

最小方差法,可以改进 Td1 和 Td2 值的准确度。

[0076] 在步骤 540,通过将双端口网络替换为开路电路的双端口表示来计算在 DUT 探测点的开路电压,如下:

$$[0077] \quad \mathbf{1} = \begin{pmatrix} Td_1 & Td_2 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} a_0 \\ b_0 \end{pmatrix} \quad (\text{等式 7})$$

[0078] 发明者注意到开路电压  $V_{open}$  实际上是  $a_0$  值的 2 倍,因为在开路的情况下,  $a_0 = b_0$  和  $V_{open} = a_0 + b_0$ ,因此:

$$[0079] \quad V_{open} = 2a_0 = \frac{2}{Td_1 + Td_2} \quad (\text{等式 8})$$

[0080] 在本发明的一个实施例中,在步骤 540,这些等式能够从以上测量导出,以实现时域滤波响应。滤波器的时域响应可以从它的传递函数中导出。滤波器传递函数如下:

$$[0081] \quad H = \frac{V_{open}}{b_{is}} \quad (\text{等式 9})$$

[0082] 使得:

$$[0083] \quad \hat{V}_{open} = H \cdot \hat{b}_s \quad (\text{等式 10})$$

[0084] 其中  $b_{is}$  是在校准过程中的示波器测量的第  $i$  个负载,

[0085]  $\hat{b}_s$  是在校准过程中带有相同的第  $i$  个负载的示波器测量。

[0086] 然后上述响应与利用探头在测试点的每个新的采样卷积以便由此在 DUT 测试点提供一个去嵌入的响应。这样,DUT 所用的 T 参数(和可选的归一化固定装置、探头和/或示波器的相应参数)被确定,以便可以确定出在除去归一化固定装置的情况下的基于各种参数的均衡滤波器。在归一化固定装置从电路中被移去并且示波器探头被连接到其中执行了固定装置校准过程的 DUT 的同样的点之后,应用这一滤波器。照此,使用归一化固定装置来表示该系统在被测装置上的负载的特征,以便可以提供均衡滤波器,其中这种装置负载被补偿。可替换地,为了取得更好的去嵌入(de-embed)准确性,固定装置可以被放在适当的位置而不扰动物理位置。然后滤波器被应用到采集信号中。

[0087] 在步骤 550,校准数据以及可选的滤波数据被存储在例如存储器 258 的数据部件 259D 中。应当指出在上述求解中(EQ8),项  $a_0$  表示在 DUT 探测点的电压,基本上所有的探测影响都被去嵌入了。这是校准过程所希望的结果。 $\hat{V}_{open}$  的反 FFT 变换产生这个信号在时域中的信号。在实际情况中,应当指出探头的物理移动(尤其是非差动式探头的物理移动)将轻微扰动这种特征,因此,可能要进行一次新的校准。可替换地,为了取得更好的去嵌入的准确性,固定装置可以被放在适当的位置而不扰动物理位置。

[0088] 在步骤 560 和 570 中,该方法可以起到如下的作用:使用存储的校准数据来重复地处理采集的数据以便提供去嵌入数据而产生波形,提供测试数据到远端设备等等。当检测(在步骤 570)到测试信号上相对大的变化时,该方法进行到步骤 510。例如,在本发明的一个实施例中,在校准的过程中,所连接的各种负载的且作为频率的函数而测量的电压的变化由控制设备(例如 DSO)加以注意。该控制设备然后仅仅选择那些在 DUT 电压上引起最小变化但仍然提供足够变化的负载来为去嵌入计算提供合理的信号噪声比。

[0089] 在本发明的一个实施例中,一旦已经执行校准并且在去嵌入的情况下观察 DUT 信

号,就提示用户该信号在信号电平和波形方面是否出现了很大的差异。在一个替换实施例中,对于这种情况执行另一个校准以便让用户能够确定基于信号电平的电路线性度。例如,如果 DUT 信号用一个电平被校准了然后被改变成另一个幅度电平,那么用户使用当前的校准测量新的电平。然后,用户可选地执行新的校准并再一次测量该信号。如果测量结果在两次校准之间是不同的,那么就可能是在不同信号电平上有非线性 DUT 行为的指示。

[0090] 在又一个实施例中,其中用户知道特定测试点的 S 参数或者 T 参数,那些测试参数经由例如上述的菜单结构被加载到测试设备或控制设备。在该实施例中,不需要连接去嵌入固定装置并且该探头被直接地连接到测试点。

[0091] 新数据  $b_s$  被获得,并且  $a_{in}$  和  $b_{in}$  的值通过如下等式计算:

$$[0092] \quad \begin{pmatrix} b_{in} \\ a_{in} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Td_{11} & Td_{12} \\ Td_{21} & Td_{22} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} Tu_{11} & Tu_{12} \\ Tu_{21} & Tu_{22} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} Tp_{11} & Tp_{12} \\ Tp_{21} & Tp_{22} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} Ts_{11} & Ts_{12} \\ Ts_{21} & Ts_{22} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ b_s \end{pmatrix} \quad (\text{等式 11})$$

[0093] 一旦得知了  $a_{in}$  和  $b_{in}$ ,那么探头双端口矩阵能够被一个开路电路双端口表示、单位矩阵所代替,DUT 测试点电压能够计算为  $2a_{open}$

$$[0094] \quad \begin{pmatrix} b_{in} \\ a_{in} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Td_{11} & Td_{12} \\ Td_{21} & Td_{22} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} a_{open} \\ b_{open} \end{pmatrix} \quad (\text{等式 12})$$

[0095] 如前所指出, $a_{open}$  的 IFFT 被计算以获得被测信号在时域的信号。

[0096] 图 6 显示了本发明的一个实施例。特别地,图 6 图形地显示了本发明的实施例,其中示波器(可选地存储 S 参数和/或 T 参数)被可操作地连接到探头。该探头可选地将 S 参数和/或 T 参数存储在例如探头连接器外壳中的非易失性存储器中。一个包括多个负载和/或如上相对于图 3 所述的阻抗矩阵的归一化固定装置适合于在输入端纳入探头。该归一化固定装置也适合于纳入来自示波器的通信链路。该归一化固定装置可选地存储自己的 S 参数和/或 T 参数。该归一化固定装置包括适合于采用电方式来探测被测装置的探头尖端,如以上相对于各图所述的。应当指出的是:在归一化固定装置和图 6 所示的示波器之间的独立的通信链路电缆可以被集成在探头电缆中。也要指出,归一化固定装置的功能可以被包括在探头中。

[0097] 图 7 显示了本发明实施例适合使用的用户界面屏幕。特别地,图 7 显示了去嵌入设置菜单 700,其包括去嵌入选择器命令 710、负载范围命令 720 和不可接入探测点命令 730。该去嵌入设置菜单 700 可以被直接地访问或经由在数字存储示波器、计算机或其他测试和测量设备的层次或者菜单结构中的其他菜单(未示出)加以访问。

[0098] 参考去嵌入设置命令 710,标示为“ON”的第一按钮被用来启用或禁止去嵌入功能,而标示为“CAL”的第二按钮用来启用根据如上所述的系统、方法和设备进行测试系统的校准。即,假设去嵌入功能被启用,校准功能就被利用,其中,探头被连接到归一化固定装置,该归一化固定装置被连接到被测装置,按下校准按钮,在根据例如如上相对于图 5 描述的方法进行处理之后,就可以观察到作为结果而产生的波形。

[0099] 负载范围功能 720 允许用户经由第一对话框选择 DUT 对数阻抗(例如 20-25 欧姆)的范围并经由第二对话框选择分辨率带宽(RBW,示例性为 1.54MHz)。状态框为用户提供示例性地如-带宽范围、录制长度(示例性的如 50KB)和采样速率(示例性的如 40GS/s)的指示。其他信息可以被包括在状态显示框中。

[0100] 参考不可接入探测点命令 730,标示为“ON”的第一按钮使得在本发明的情景下用

户定义的 S 或 T 参数能够使用。即,当用户希望并入与数学上插在 DUT 和归一化固定装置双端口网络之间(或其他位置)的双端口网络相关联的 S 或 T 参数时,那些 S 或 T 参数由用户作为文件提供。这样,不可接入探测点命令包括:通路对话框,用于使得用户能够识别文件位于 DSO 的大型存储结构的什么地方;和文件名对话框,用于指示用户提供的 S 或 T 参数文件的名称。

[0101] 在本发明的一个实施例中,一个选项“使用探头负载观察 DUT 测试点”通过例如用户界面被提供。在该实施例中,一旦已经进行了初始测量并且已经确定了合适的特征等式,那么就进行计算以确定在连接探头“负载”(S<sub>11</sub>)的情况下 DUT 测试电压看起来会像什么。当假设 S<sub>21</sub> 参数趋向(理想状态)负无穷大时,该操作是有效。采用这种方式,用户可以在 DUT 探测点来检测信号,包括在有或没有信号校正的情况下分别进行(即,没有探头下“实际上”的情况和有探头的情况下“实际上”的情况)。该实施例在如下环境中可以找到应用,例如,假设探头负载和其他影响存在的环境下(例如,先前校准的自动测试系统/套件)。

[0102] 这样,本发明可以选择地提供一个或多个补偿结果,部分地补偿结果或未补偿结果。补偿结果包括:探头加载的 DUT 测试点的测量结果,用户提供特征和其他特征用这里所述的方法也能够得到解决。部分补偿结果包括 DUT 测试点的测量,其中只有一部分探头负载,用户提供特征和其他特征用这里所述的方法处理。未补偿结果包括 DUT 测试点的测量,其中各种负载参数没有被补偿。补偿、部分补偿和未补偿操作模式的选择可以通过例如相对于图 7 所讨论的用户界面显示屏来进行,该显示屏可以修改来提供合适模式的选择按钮、对话框或其他对象。

[0103] 本发明的各种不同实施例提供许多优点:例如(1)在除去探测影响的情况下为用户提供更准确的波形视图;(2)校准过程是一个按钮按下的过程,同时固定装置被连接到探头端时;(3)校准过程不需要外界的信号源;示波器可以观察用户电路的不可接入测试点,通过允许它们加载它们电路的一部分的 S 参数模型来进行;(5)校准或归一化固定装置能够被移去,校准信息被存储在示波器中以便能够探测和比较多个用户板上的同样的测试点;(6)探头示波器通道带宽能够通过该校准过程增加;和(7)探头和示波器通道的建立时间可以被减少。

[0104] 为了最佳地去嵌入探头影响,要求知道 DUT 的 s 参数。本发明,不像现有的在的探头校准方法,为例如示波器检测 DUT S 参数(或 T 参数)提供方法和设备,并由此提供一个真实的去嵌入能力。

[0105] 虽然前面的叙述针对的是本发明的优选实施例,但是本发明的其他或者更进一步实施例可以在不脱离本发明基本范围的情况下设计出,本发明的范围由以下权利要求被确定。

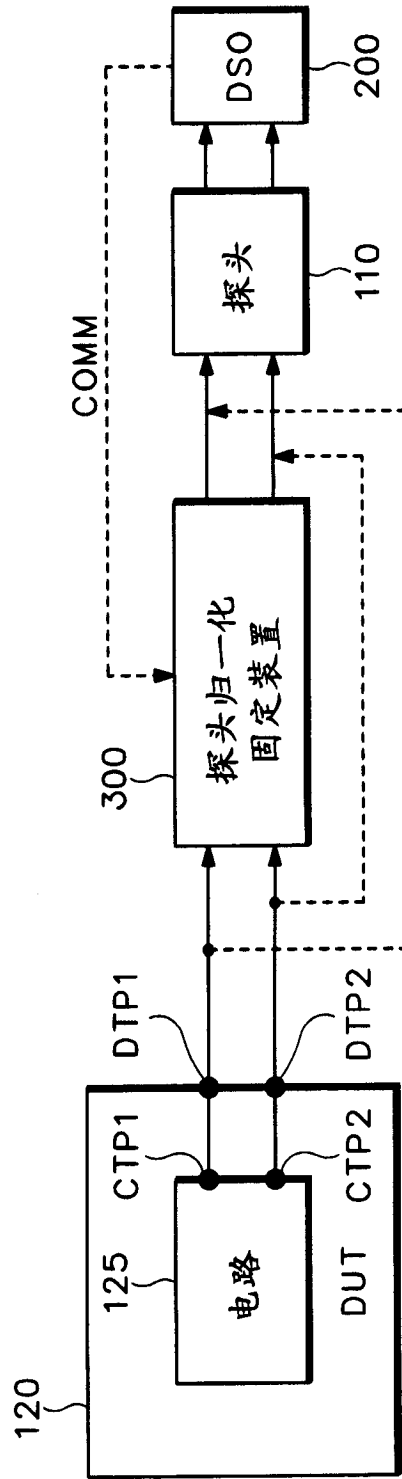


图 1

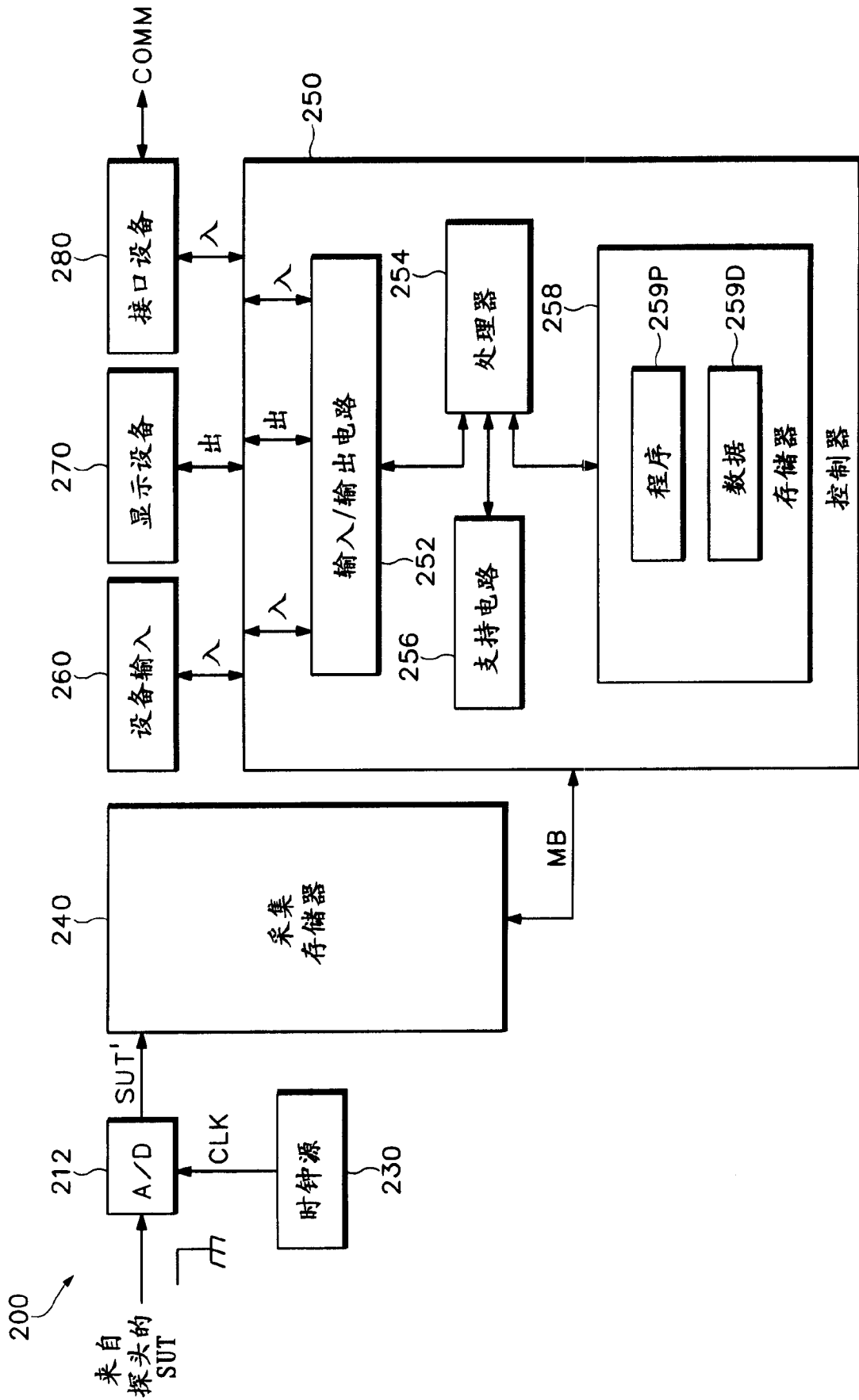


图 2

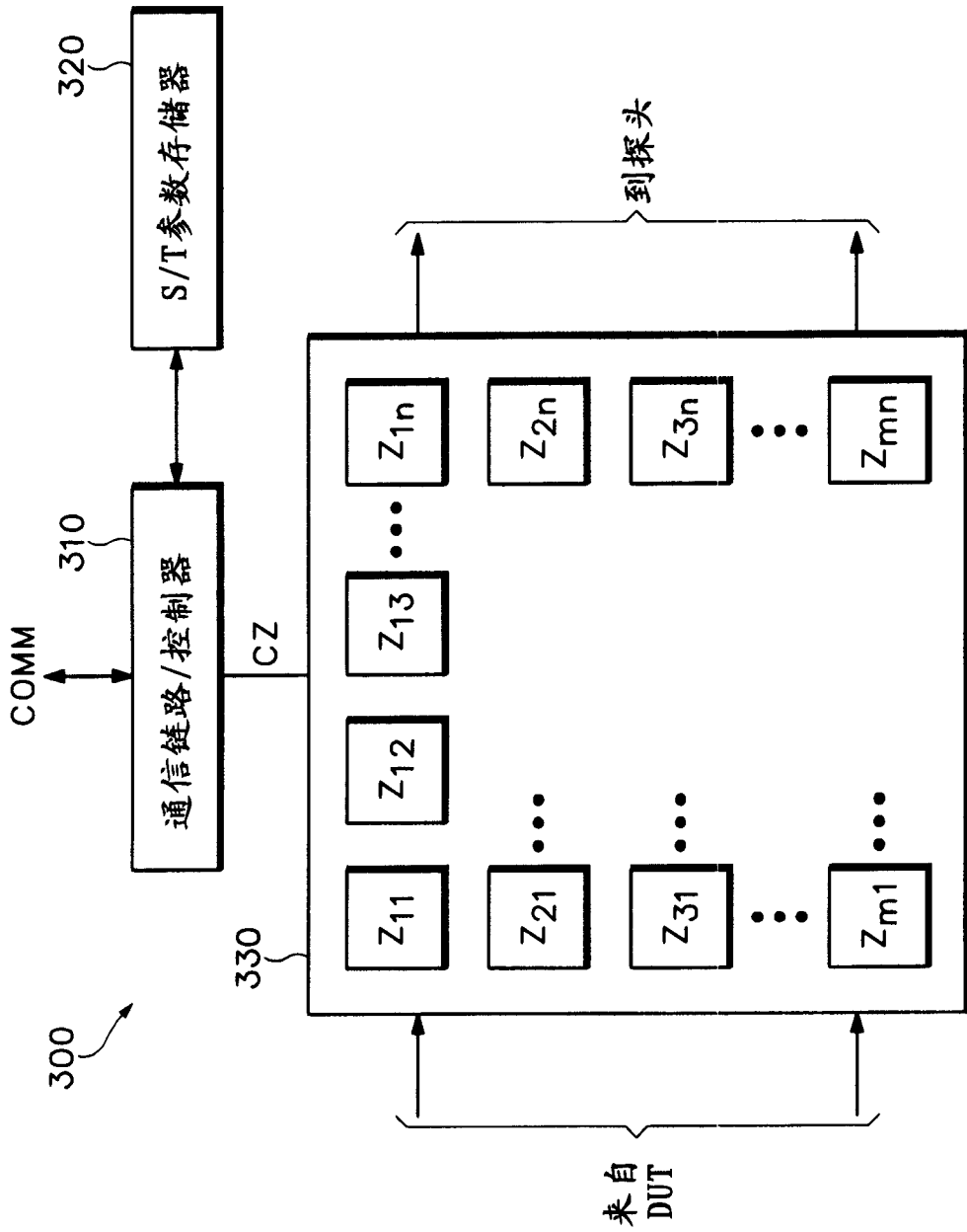


图 3

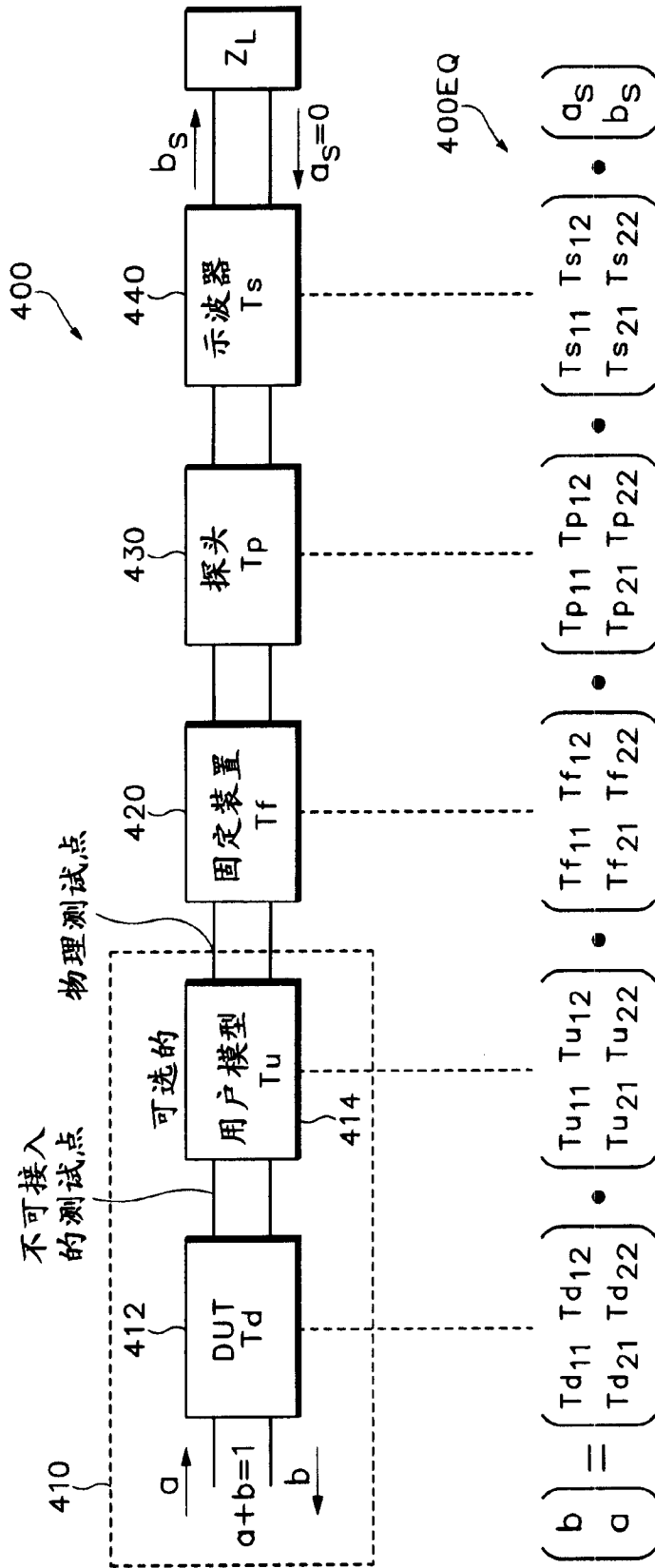


图 4

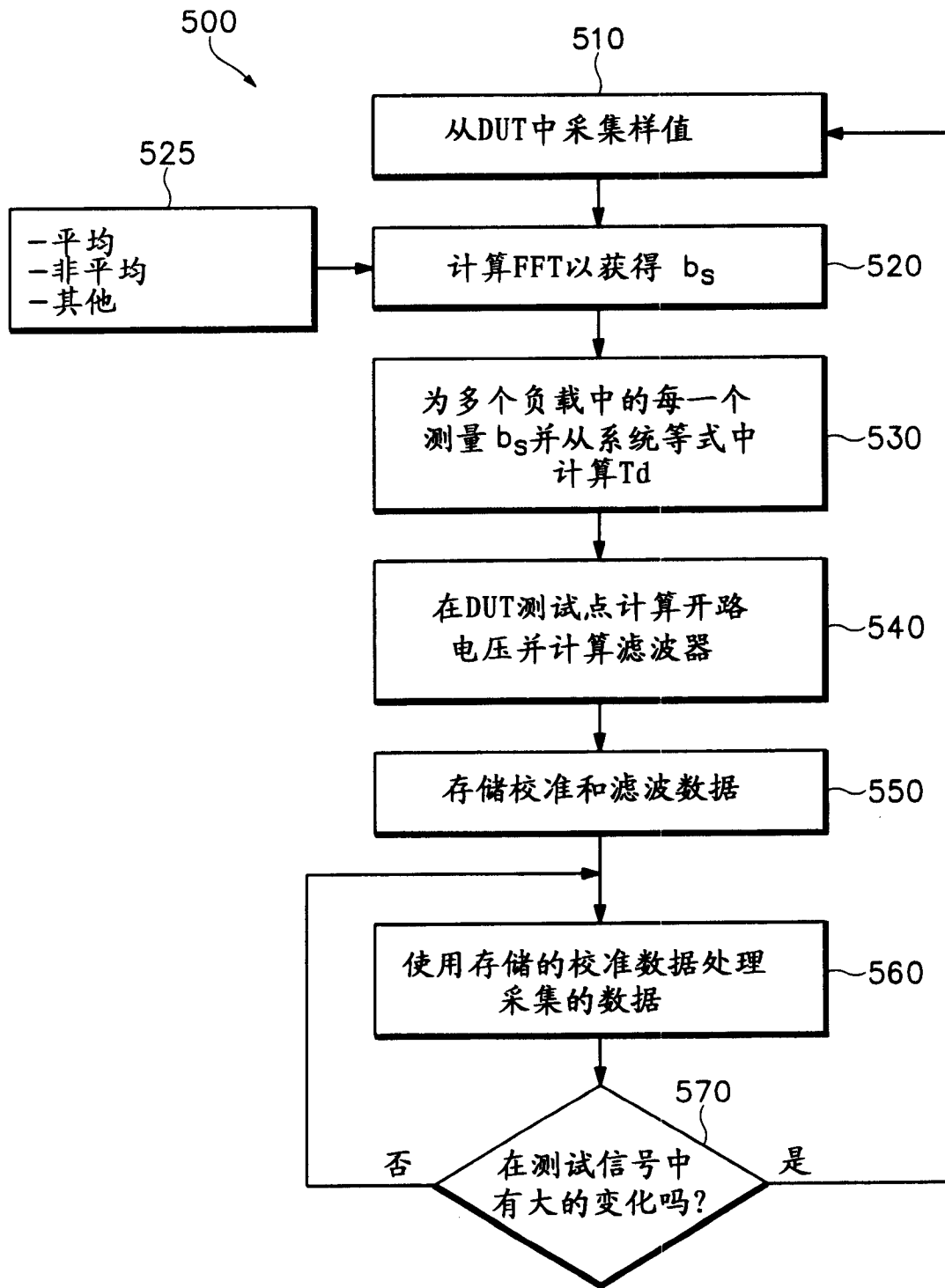


图 5

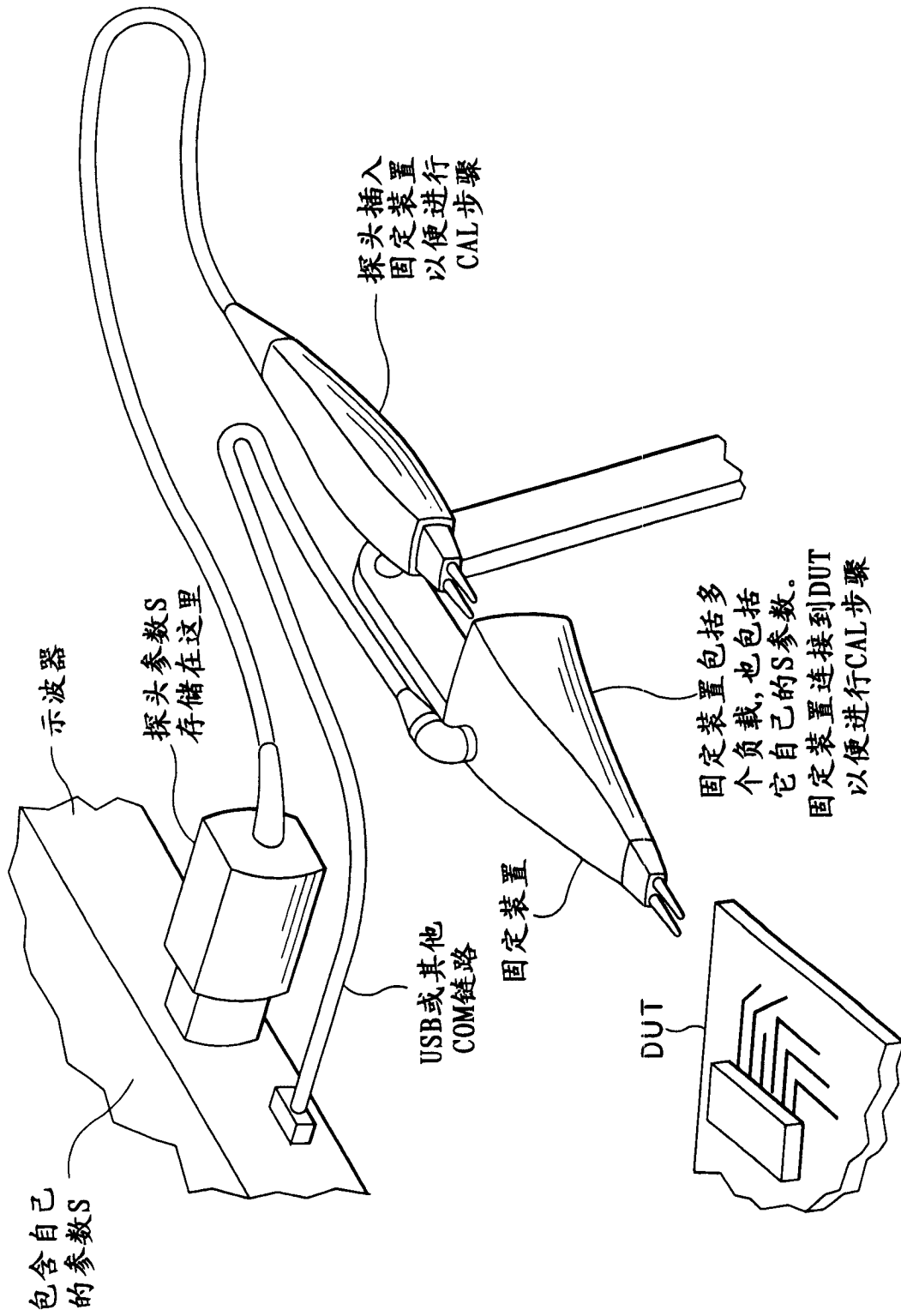


图 6

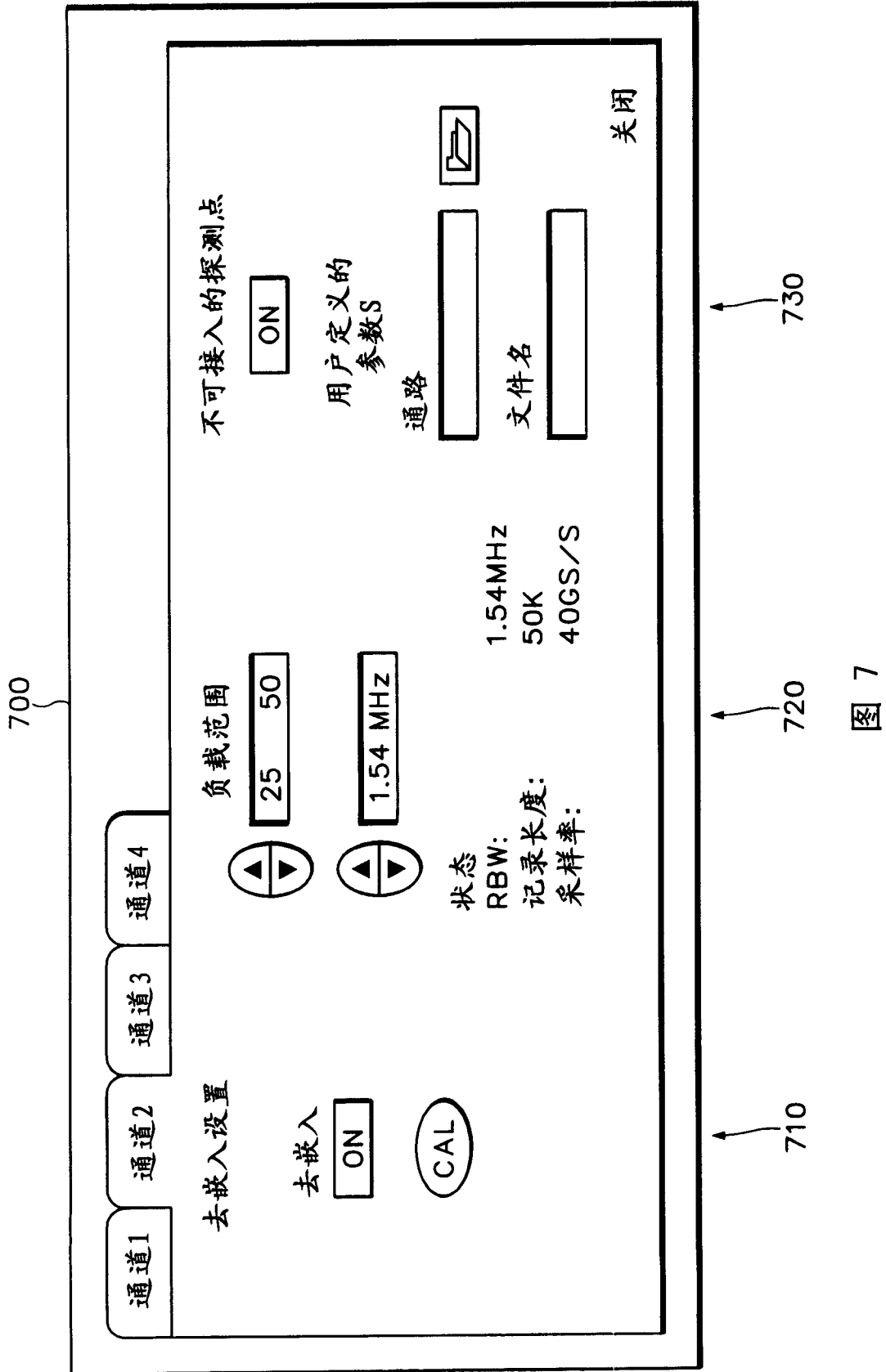


图 7