



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115356538 A

(43) 申请公布日 2022. 11. 18

(21) 申请号 202210961649.4

(22) 申请日 2022.08.11

(71) 申请人 阿波罗智能技术(北京)有限公司
地址 100085 北京市海淀区上地十街10号1
幢1层105

(72) 发明人 赵云松

(74) 专利代理机构 北京市通商律师事务所
11951
专利代理师 姜莹丽

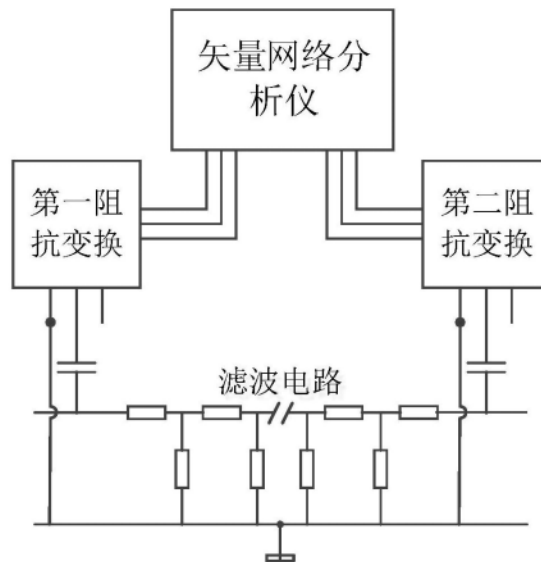
(51) Int. Cl.
G01R 27/02 (2006.01)
G01R 31/00 (2006.01)
G01R 31/28 (2006.01)

权利要求书3页 说明书11页 附图8页

(54) 发明名称
电路损耗测量装置、方法和系统

(57) 摘要

本公开提供了一种电路损耗测量装置、方法、系统、电子设备、存储介质及产品,涉及电子电路技术领域,尤其涉及电路涉及技术领域。具体实现方案为:所述装置包括:矢量网络分析仪,滤波电路,第一阻抗变换模块和第二阻抗变换模块;所述矢量网络分析仪的输出端通过所述第一阻抗变换模块与所述滤波电路的输入端连接;矢量网络分析仪用于测量所述滤波电路的网络散射参数,所述滤波电路用于抑制电磁干扰;所述矢量网络分析仪的输入端通过所述第二阻抗变换模块与所述滤波电路的输出端连接;第一阻抗变换模块和第二阻抗变换模块用于调节所述滤波电路的阻抗状态和信号状态。通过本公开可以测量不同模块的搭配选择实现宽频段的干扰插入损耗测量评估。



1. 一种电路损耗测量装置,所述装置包括:矢量网络分析仪,滤波电路,第一阻抗变换模块和第二阻抗变换模块;

所述矢量网络分析仪的输出端通过所述第一阻抗变换模块与所述滤波电路的输入端连接;所述矢量网络分析仪用于测量所述滤波电路的网络散射参数,所述滤波电路用于抑制电磁干扰;

所述矢量网络分析仪的输入端通过所述第二阻抗变换模块与所述滤波电路的输出端连接;

所述第一阻抗变换模块和所述第二阻抗变换模块用于调节所述滤波电路的阻抗状态和信号状态。

2. 根据权利要求1所述的装置,其中,所述阻抗状态包括阻抗匹配状态和阻抗失配状态,所述被测信号状态包括平衡信号状态和不平衡信号状态;

所述阻抗状态为所述滤波电路输入端和输出端的阻抗状态;

所述信号状态为所述滤波电路输入端和输出端的信号状态。

3. 根据权利要求1或2所述的装置,其中,所述第一阻抗变换模块和所述第二阻抗变换模块均包括第一电阻、第二电阻、第一铁氧体磁芯线圈、第二铁氧体磁芯线圈和电源;

所述第一电阻、所述第二电阻、所述第一铁氧体磁芯线圈、所述第二铁氧体磁芯线圈之间并联连接和/或串联连接,得到变压电路,所述变压电路用于转换所述滤波电路的输入信号和输出信号的状态,以及转换所述滤波电路的输入端和输出端的阻抗比例;

所述变压电路与所述电源串联连接,得到所述第一阻抗变换模块和/或所述第二阻抗变换模块。

4. 根据权利要求3所述的装置,其中,所述第一阻抗变换模块和/或所述第二阻抗变换模块为阻抗变换比为1:1且为不平衡信号转换为平衡信号的阻抗变换模块;

按照所述第一电阻、第一铁氧体磁芯线圈、第二电阻、第二铁氧体磁芯线圈以及电源的顺序串联连接,得到所述第一阻抗变换模块和/或所述第二阻抗变换模块。

5. 根据权利要求3所述的装置,其中,所述第一阻抗变换模块和/或所述第二阻抗变换模块为阻抗变换比为1:N且为不平衡信号转换为不平衡信号的阻抗变换模块;

所述第一电阻与所述第一铁氧体磁芯线圈串联连接得到第一变压电路;

所述第一变压电路与所述第二铁氧体磁芯线圈并联连接得到第二变压电路;

所述第二变压电路通过所述电源与所述第二电阻串联连接,得到所述第一阻抗变换模块和/或所述第二阻抗变换模块。

6. 根据权利要求3所述的装置,其中,所述第一阻抗变换模块和/或所述第二阻抗变换模块为阻抗变换比为1:N且为不平衡信号转换为平衡信号的阻抗变换模块;

所述第一电阻、所述第二电阻、所述第一铁氧体磁芯线圈以及电源串联连接;

所述第二电阻与所述第一铁氧体磁芯线圈的连接点接地;

所述第一电阻与所述第二电阻的连接点与所述第二电感的一端连接,所述第二铁氧体磁芯线圈的另一端接地。

7. 根据权利要求1所述的装置,其中,所述装置还包括:

负载,所述负载的一端与所述滤波电路的输出端连接;

电源,所述电源与所述负载的输入端连接,所述电源的另一端与所述滤波电路的输出

端连接。

8. 根据权利要求1所述的装置,其中,所述装置还包括:印制电路板PCB基板;
所述滤波电路设置于所述PCB基板上。

9. 根据权利要求5所述的装置,其中,所述PCB基板包括校准通路、阻抗变换模块接口、
负载接口、电源加载接口;

所述校准通路用于确定所述PCB基板的损耗;

所述阻抗变换模块接口用于连接阻抗变换模块;

所述负载接口用于连接负载;

所述电源加载接口用于连接电源。

10. 根据权利要求1所述的装置,其中,所述装置还包括:上位机;

所述上位机与所述矢量网络分析仪连接,用于控制所述矢量网络分析仪;

所述上位机还用于记录测试数据。

11. 一种基于权利要求1-10任一项所述的电路损耗测量装置的电路损耗测量方法,所
述方法包括:

基于电磁兼容标准,确定目标产品所需的第一滤波电路;

基于所述电磁兼容标准,设置矢量网络分析仪的参数;

调整阻抗变换模块,确定所述第一滤波电路的输入端和输出端的阻抗;

在所述阻抗不同的状态下,基于所述参数控制所述矢量网络分析仪输出信号,测量所
述第一滤波电路的损耗。

12. 根据权利要求11所述的方法,其中,所述在所述阻抗不同的状态下,使得所述矢量
网络分析仪基于所述参数输出信号,测量所述第一滤波电路的损耗,包括:

响应于确定所述状态为匹配状态,基于所述参数控制所述矢量网络分析仪输出信号,
测量所述第一滤波电路的损耗;

和/或

响应于确定所述状态为失配状态,基于所述参数控制所述矢量网络分析仪输出信号,
测量所述第一滤波电路的损耗。

13. 根据权利要求12所述的方法,其中,所述方法还包括:

开通电源,确定负载处于加载状态;

在阻抗处于匹配状态下,基于所述参数控制所述矢量网络分析仪输出信号,测量所
述第一滤波电路的损耗;

在阻抗处于失配状态下,基于所述参数控制所述矢量网络分析仪输出信号,测量所
述第一滤波电路的损耗。

14. 根据权利要求12所述的方法,其中,所述方法还包括:

断开电源,确定负载处于未加载状态;

在阻抗处于匹配状态下,基于所述参数控制所述矢量网络分析仪输出信号,测量所
述第一滤波电路的损耗;

在阻抗处于失配状态下,基于所述参数控制所述矢量网络分析仪输出信号,测量所
述第一滤波电路的损耗。

15. 根据权利要求11所述的方法,其中,所述在所述阻抗不同的状态下,基于所述参数

控制所述矢量网络分析仪输出信号,测量所述第一滤波电路的损耗之前,所述方法还包括:
获取安装所述第一滤波电路的PCB基板;
获取所述PCB基板的校准电路;
基于所述参数控制所述矢量网络分析仪输出信号,测量所述校准电路,得到所述PCB基板的损耗。

16.根据权利要求15所述的方法,其中,所述在所述阻抗不同的状态下,基于所述参数控制所述矢量网络分析仪输出信号,测量所述第一滤波电路的损耗之后,所述方法还包括:
基于上位机,获取所述第一滤波电路的损耗以及所述PCB基板的损耗;
计算所述第一滤波电路的损耗以及所述PCB基板的损耗,确定所述第一滤波电路的损耗结果;

响应于确定所述损耗结果不满足预设阈值,基于所述损耗结果调整所述第一滤波电路,直到所述损耗结果满足所述预设阈值,得到第二滤波电路;
将所述第二滤波电路确定为所述目标产品的滤波电路。

17.一种电路损耗测量系统,所述系统包括:
确定模块,用于基于电磁兼容标准,确定目标产品所需的第一滤波电路;
设置模块,用于基于所述电磁兼容标准,设置所述矢量网络分析仪的参数;
调整模块,用于调整阻抗变换模块,确定所述第一滤波电路的输入端和输出端的阻抗;
测量模块,用于在所述阻抗不同的状态下,基于所述参数控制所述矢量网络分析仪输出信号,测量所述第一滤波电路的损耗。

18.一种电子设备,包括:
至少一个处理器;以及
与所述至少一个处理器通信连接的存储器;其中,
所述存储器存储有可被所述至少一个处理器执行的指令,所述指令被所述至少一个处理器执行,以使所述至少一个处理器能够执行权利要求11-16中任一项所述的方法。

19.一种存储有计算机指令的非瞬时计算机可读存储介质,其中,所述计算机指令用于使所述计算机执行根据权利要求11-16中任一项所述的方法。

20.一种计算机产品,包括计算机程序,所述计算机程序在被处理器执行时实现根据权利要求11-16中任一项所述的方法。

电路损耗测量装置、方法和系统

技术领域

[0001] 本公开涉及电子电路技术领域,尤其涉及电路涉及技术领域,具体涉及一种电路损耗测量装置、方法、系统、电子设备、存储介质及产品。

背景技术

[0002] 电子产业在当今社会快速发展,以印制电路板(PCB,Printed Circuit Board)为代表的大规模集成电路产品的使用覆盖到工业生产和日常生活的各个领域。

[0003] 电子产品工作在电磁环境中,以致引发电磁兼容性问题。从而提出基于滤波电路对电磁干扰进行抑制,而确定滤波电路的损耗尤为重要。

发明内容

[0004] 本公开提供了一种电路损耗测量装置、方法、系统、电子设备、存储介质及产品。

[0005] 根据本公开的第一方面,提供了一种电路损耗测量装置,包括矢量网络分析仪,滤波电路,所述装置还包括:

[0006] 所述矢量网络分析仪的输出端通过所述第一阻抗变换模块与所述滤波电路的输入端连接;所述矢量网络分析仪用于测量所述滤波电路的网络散射参数,所述滤波电路用于抑制电磁干扰;所述矢量网络分析仪的输入端通过所述第二阻抗变换模块与所述滤波电路的输出端连接;所述第一阻抗变换模块和所述第二阻抗变换模块用于调节所述滤波电路的阻抗状态和被测信号状态。

[0007] 根据本公开的第二方面,提供了一种电路损耗测量方法,所述方法包括:

[0008] 基于电磁兼容标准,确定目标产品所需的第一滤波电路;基于所述电磁兼容标准,设置矢量网络分析仪的参数;调整阻抗变换模块,确定所述第一滤波电路的输入端和输出端的阻抗;在所述阻抗不同的状态下,基于所述参数控制所述矢量网络分析仪输出信号,测量所述第一滤波电路的损耗。

[0009] 根据本公开的第三方面,提供了一种电路损耗测量系统,所述系统包括:

[0010] 确定模块,用于基于电磁兼容标准,确定目标产品所需的第一滤波电路;设置模块,用于基于所述电磁兼容标准,设置所述矢量网络分析仪的参数;调整模块,用于调整阻抗变换模块,确定所述第一滤波电路的输入端和输出端的阻抗;测量模块,用于在所述阻抗不同的状态下,基于所述参数控制所述矢量网络分析仪输出信号,测量所述第一滤波电路的损耗。

[0011] 根据本公开的第二方面,提供了一种电子设备,包括:

[0012] 至少一个处理器;以及与所述至少一个处理器通信连接的存储器;其中,所述存储器存储有可被所述至少一个处理器执行的指令,所述指令被所述至少一个处理器执行,以使所述至少一个处理器能够执行第一方面所述的方法。

[0013] 根据本公开的第五方面,提供了一种存储有计算机指令的非瞬时计算机可读存储介质,其中,所述计算机指令用于使所述计算机执行根据第一方面所述的方法。

[0014] 根据本公开的第六方面,提供了一种计算机产品,包括计算机程序,所述计算机程序在被处理器执行时实现根据第一方面所述的方法。

[0015] 应当理解,本部分所描述的内容并非旨在标识本公开的实施例的关键或重要特征,也不用于限制本公开的范围。本公开的其它特征将通过以下的说明书而变得容易理解。

附图说明

[0016] 附图用于更好地理解本方案,不构成对本公开的限定。其中:

[0017] 图1是根据本公开电路损耗测量方法实施例的应用环境示意图;

[0018] 图2示出了本公开实施例提供的电路损耗测量装置的示意图;

[0019] 图3示出了本公开实施例提供的阻抗变换模块比为1:1的不平衡信号转换为平衡信号转换传输线变压器电路模型;

[0020] 图4示出了本公开实施例提供的阻抗变换模块比为1:4的不平衡信号转换为不平衡信号转换传输线变压器电路模型;

[0021] 图5示出了本公开实施例提供的阻抗变换模块比为1:4的不平衡信号转换为平衡信号转换传输线变压器电路模型;

[0022] 图6示出了本公开实施例提供的阻抗变换模块比为 $1:4^N$ 的级联阻抗变换传输线变压器电路模型;

[0023] 图7示出了本公开实施例提供的PCB基板示意图;

[0024] 图8示出了本公开实施例提供的电路损耗测量装置示意图;

[0025] 图9示出了本公开实施例提供的一种电路损耗测量方法的流程示意图;

[0026] 图10示出了本公开实施例提供的阻抗匹配下的插入损耗测试示意图;

[0027] 图11示出了本公开实施例提供的阻抗失配下的插入损耗测试示意图;

[0028] 图12示出了本公开实施例提供的加载负载条件下的滤波电路损耗测量流程示意图;

[0029] 图13示出了本公开实施例提供的加载负载条件下的滤波电路损耗测量流程示意图;

[0030] 图14示出了本公开实施例提供的一种电路损耗测量优化方法的流程示意图;

[0031] 图15示出了本公开实施例提供的一种电路损耗测量系统结构示意图;

[0032] 图16示出了可以用来实施本公开的实施例的示例电子设备1600的示意性框图。

具体实施方式

[0033] 以下结合附图对本公开的示范性实施例做出说明,其中包括本公开实施例的各种细节以助于理解,应当将它们认为仅仅是示范性的。因此,本领域普通技术人员应当认识到,可以对这里描述的实施例做出各种改变和修改,而不会背离本公开的范围和精神。同样,为了清楚和简明,以下的描述中省略了对公知功能和结构的描述。

[0034] 电子产业在当今社会快速发展,以PCB为代表的大规模集成电路产品的使用覆盖到工业生产和日常生活的各个领域。随着汽车领域自动驾驶与车联网技术的发展和通信领域5G技术的普及,电子产品朝着高度智能化、信息化的方向快速发展,使得电路的集成度和运行速率翻倍的增长,这就导致电子产品不可避免地工作在愈加复杂的电磁环境中,并引

发电磁兼容性问题。电磁干扰信号本质上属于射频信号,射频信号在阻抗不连续介质的传输过程中会产生反射,因此会导致信号能量的损耗。

[0035] 为了避免电子系统因电磁兼容性而导致的系统性问题,需要在设计阶段在电子产品的硬件电路加入针对性的电磁兼容冗余设计。滤波电路作为保证电子产品电磁兼容性能的重要措施,起着十分重要以及不可替代的作用。本专利提出了一种针对集成电路滤波电路插入损耗的测量装置,该装置可以实现对滤波电阻分别处于空载和加载状态下的插入损耗的测量。该专利装置可以有效的量化测量滤波电路对PCB板级电磁干扰(EMI, Electromagnetic Interference)的抑制能力,对滤波电路器件选型以及电路设计的效率提升有着很好的效果。

[0036] 相关技术中,对于PCB滤波电路的设计,可以基于应用的电子产品进行原始设计,并在产品测试过程中,根据出现的问题对原始设计的滤波电路进行整改和优化。还可以在电子产品研发前期,利用ADS (Advanced Design system) 等EDA仿真工具对电路进行仿真,得出理论上较为合适的滤波电路的设计方案,而后再在产品的测试过程中对得到的滤波电路进行优化。其中,对于使用铁氧体磁珠(Ferrite Bead)作为滤波器件的电路,也可以通过供应商提供的频率阻抗特性曲线,初步对滤波电路中的器件进行选择。

[0037] 基于上述方法对滤波电路进行设计,从对滤波电路设计效率以及其对电磁干扰抑制能力的量化评估准确性上进行考量,已经逐渐难以满足越来越快的产品开发进度和客户对产品EMI性能等级要求。

[0038] 并且,对上述滤波电路或滤波器件,是在滤波电路不加载滤波电路中工作电流的状态下,评估该滤波电路对电磁干扰的抑制水平。而滤波器件的特性参数在其加载工作电流和不加载工作电流的状态下略有不同,就导致滤波电路在有无工作电流通过时的滤波能力有差异。

[0039] 基于此,本公开提出一种电路损耗测量装置、方法和系统。提出在电子产品研发之前,对应用于电子产品的滤波电路进行损耗测试。从而在研发之前确定合理的滤波电路,以提高对滤波电路的设计效率。在测试滤波电路的过程中,通过增加的阻抗变换模块,实现射频信号在不同特性阻抗的电路之间“无损”传输,减少传输过程中信号的能量损失,因此可以提高测量的动态范围,并提高测量的准确度。进一步增加负载,实现电子产品的模拟,使得滤波电路损耗的测量结果可以拟合滤波电路在电子产品实际应用中的真实滤波效果。

[0040] 本申请提供的电路损耗测量方法,可以应用于如图1所示的应用环境中。其中,终端101通过网络与服务器102通过网络进行通信。终端101可以与电路损耗测量装置进行连接,以获取测量结果,服务器102用于处理获取的测量结果。其中,终端101可以理解为本公开的上位机,且可以但不限于各种个人计算机、笔记本电脑、智能手机、平板电脑和便携式可穿戴设备,服务器102可以用独立的服务器或者是多个服务器组成的服务器集群来实现。

[0041] 需要说明的是,本公开的说明书和权利要求书及上述附图中的术语“第一”、“第二”等是用于区别类似的对象,而不必用于描述特定的顺序或先后次序。应该理解这样使用的数据在适当情况下可以互换,以便这里描述的本公开的实施例能够以除了在这里图示或描述的那些以外的顺序实施。以下示例性实施例中所描述的实施方式并不代表与本公开相一致的所有实施方式。相反,它们仅是与如所附权利要求书中所详述的、本公开的一些方面

相一致的装置和方法的例子。

[0042] 下述实施例将结合附图,对本公开提供的电路损耗测量装置、方法和系统进行说明。

[0043] 在本公开实施例中,提供一种电路损耗测量装置,该电路损耗测量装置包括矢量网络分析仪,滤波电路,第一阻抗变换模块和第二阻抗变换模块。

[0044] 其中,矢量网络分析仪可以实现对双端口或者多端口无源网络的散射参数、端口阻抗等参数的测量。通过利用矢量网络分析仪对两端口(例如,Port i和Port j)滤波电路网络散射参数的测量,以实现频率范围内滤波电路的散射参数进行针对性以及量化的测量与优化。

[0045] 图2示出了本公开实施例提供的电路损耗测量装置的示意图,如图2所示,矢量网络分析仪的输出端通过第一阻抗变换模块与滤波电路的输入端连接。矢量网络分析仪用于测量滤波电路的网络散射参数,滤波电路用于抑制电磁干扰。矢量网络分析仪的输入端通过第二阻抗变换模块与滤波电路的输出端连接。

[0046] 其中,第一阻抗变换模块和第二阻抗变换模块用于调节滤波电路的阻抗状态和信号状态。

[0047] 在矢量网络分析仪的输入、输出端口以及用于与PCB基板连接的同轴线的特性阻抗均相同(例如,均为50欧姆)的情况下,基于第一阻抗变换模块和第二阻抗变换模块,利用不同阻抗转换比的变换电路,实现50欧姆系统与滤波电路连接时所出现的阻抗失配现象。

[0048] 其中,阻抗变换模块可以实现射频信号在不同特性阻抗的电路之间减少传输过程中信号的能量损失,因此可以提高测量的动态范围,并提高测量的准确度。

[0049] 在本公开实施例中,通过阻抗变换模块,确定滤波电路输入信号与输出信号的阻抗比例,实现滤波电路不同的状态。即阻抗变换模块用于调节所述滤波电路的状态。

[0050] 需要说明的是,该装置中的滤波电路为被测的滤波电路,可独立设置。

[0051] 其中,阻抗状态包括阻抗匹配状态和阻抗失配状态,所述被测信号状态包括平衡信号状态和不平衡信号状态;所述阻抗状态为所述滤波电路输入信号与输出信号端和输出端的阻抗的状态;所述信号状态为所述滤波电路输入端和输出端的信号状态。

[0052] 在本公开实施例中,第一阻抗变换模块和第二阻抗变换模块均包括第一电阻、第二电阻、第一铁氧体磁芯线圈、第二铁氧体磁芯线圈电阻、电感和电源。

[0053] 第一电阻、第二电阻、第一铁氧体磁芯线圈、第二铁氧体磁芯线圈电阻和电感之间并联连接和/或串联连接,得到变压电路。

[0054] 变压电路用于转换滤波电路的输入信号和输出信号的状态,以及转换滤波电路的输入端和输出端的阻抗的阻抗比例;变压电路与电源串联连接,得到第一阻抗变换模块和/或第二阻抗变换模块。。

[0055] 在本公开中,阻抗变换模块可以实现不平衡信号到平衡信号的转换、不平衡信号到不平衡信号的转换以及滤波电路阻抗的同时转换。

[0056] 在本公开一些实施例中,图3示出了本公开实施例提供的阻抗变换模块比为1:1的不平衡信号到平衡信号转换传输线变压器电路模型。如图3所示,按照第一电阻、第一铁氧体磁芯线圈、第二电阻、第二铁氧体磁芯线圈以及电源的顺序串联连接,得到第一阻抗变换模块和/或第二阻抗变换模块。

[0057] 图4示出了本公开实施例提供的阻抗变换模块比为1:4的不平衡信号到不平衡信号转换传输线变压器电路模型。如图4所示,第一电阻与第一铁氧体磁芯线圈串联连接得到第一变压电路。第一变压电路与第二铁氧体磁芯线圈并联连接得到第二变压电路。第二变压电路通过电源与第二电阻串联连接,得到第一阻抗变换模块和/或第二阻抗变换模块。

[0058] 图5示出了本公开实施例提供的阻抗变换模块比为1:4的不平衡信号到平衡信号转换传输线变压器电路模型。如图5所示,第一电阻、第二电阻、第一铁氧体磁芯线圈以及电源串联连接。第二电阻与第一铁氧体磁芯线圈的连接点接地。第一电阻与第二电阻的连接点与第二电感的一端连接,第二铁氧体磁芯线圈的另一端接地。

[0059] 在本公开又一些实施例中,可以将若干个小比例阻抗变换模块进行级联以得到大比例的阻抗变换模块。其中,各级连阻抗变换模块的连接处需要满足阻抗匹配的要求。图6示出了本公开实施例提供的阻抗变换模块比为 $1:4^N$ 的级联阻抗变换传输线变压器电路模型。如图6所示,将不同形式的阻抗变换模块通过不同次序级联可以实现不同的阻抗转换比,并且平衡信号、不平衡信号之间的相互转换可以实现滤波电路对差模干扰信号和共模干扰信号插入损耗的测量。

[0060] 在本公开实施例中需要说明的是,射频信号源和EMI接收机两者所组成的测量仪器组合也可以实现与矢量网络分析仪相同的功能。

[0061] 在本公开实施例中,电路损耗测量装置还包括负载和电源。

[0062] 其中,负载的一端与滤波电路的输出端连接;电源与负载的输入端连接,电源的另一端与滤波电路的输出端连接。

[0063] 当然,电源还可以与滤波电路的输入端连接。

[0064] 在本公开实施例中,电路损耗测量装置还包括PCB基板。

[0065] 在本公开中,可以将滤波电路设置于PCB基板上。

[0066] 图7示出了本公开实施例提供的PCB基板示意图,如图7所示,PCB基板包括校准通路,对应接口包括port1和port2、多个不同的滤波电路。该PCB基板还包括用于连接滤波电路和阻抗变换模块的阻抗变换模块接口、负载接口、电源加载接口等。还可以在该PCB基板上设计加载接口与射频接口之间的隔离电路。

[0067] 其中,校准通路用于确定所述PCB基板的损耗;阻抗变换模块接口用于连接阻抗变换模块;负载接口用于连接负载;电源加载接口用于连接电源。

[0068] 在本公开一些实施例中,PCB基板上有不同封装形式的焊盘以及可以实现不同电感、电阻和电容搭配形式的电路,以此来实现无源滤波电路的设计。PCB基板与阻抗变换模块采用分离式设计,可以通过选用不同模块实现滤波电路在不同阻抗环境下的损耗测量。PCB基板通过负载接口与负载连接,PCB基板与负载也采用分离式设计,可以实现针对不同类型阻抗(感性负载、容性负载、阻性负载等)在加载模式下的滤波电路的损耗测量。电源通过电源加载接口实现对负载供电。隔离电路可以阻隔射频能量,并能保护测试设备不被电源电压损坏。

[0069] 在本公开实施例中,电路损耗测量装置还包括上位机。

[0070] 上位机与矢量网络分析仪连接,用于控制矢量网络分析仪;上位机还用于记录测试数据。

[0071] 针对包含有GPIB等串口的矢量网络分析仪、信号发生器或者EMI接收机等设备,可

以基于LabView软件编制的上位机,提供可视化的控制、测量、数据处理以及结果显示的接口。其中,上位机可以安装在满足配置要求的计算机上,计算机与测试仪器通过GPIB卡和专用线束连接,以实现计算机对仪器的控制。

[0072] 在本公开实施例中,电路损耗测量装置还包括同轴线。

[0073] 矢量网络分析仪输入输出端通过50 Ω 屏蔽同轴线与阻抗变换模块连接。为了保证测量系统有足够宽的动态测量范围,需要保证射频信号在传输路径上的损耗足够低。本专利规定所使用的单条同轴线长度不超过指定长度(例如,1米),以保证其在0-1000MHz频率范围内的损耗 $L \leq 1\text{dB}$ 。

[0074] 图8示出了本公开实施例提供的电路损耗测量装置示意图,如图8所示,上位机通过CPIB接口与矢量网络分析仪进行连接。矢量网络分析仪通过阻抗变换模块与滤波电路进行连接。其连接线为50欧姆同轴线。其中虚线部分中射频信号发射器以及EMI接收机可以替代矢量网络分析仪。

[0075] 滤波电路设置于PCB基板上,还可以在PCB基板上连接电源和负载,进一步使得电源和负载与滤波电路进行连接。

[0076] 图9示出了本公开实施例提供的一种电路损耗测量方法的流程示意图,如图9中所示,该方法可以包括:

[0077] 在步骤S910中,基于电磁兼容标准,确定目标产品所需的第一滤波电路。

[0078] 在本公开实施例中,确定目标产品应用环境的电磁兼容标准,并基于该电磁兼容标准,通过上位机设置矢量网络分析仪的参数。

[0079] 其中,参数可以包括起止频率($F_{\text{start}}, F_{\text{stop}}$)、检波带宽(IF)、检波器(Detector)以及射频信号输出功率等参数。

[0080] 在步骤S920中,基于电磁兼容标准,设置矢量网络分析仪的参数。

[0081] 在本公开实施例中,基于电磁兼容标准,起止频率可以根据电磁兼容标准要求,对频段进行选择,通常设置为100kHz-1000MHz。检波带宽也需要根据标准要求进行设置,一般在100kHz-30MHz频段设置为9/10kHz,30MHz-1000MHz频段设置为100/120kHz。检波方式可以设置为平均值(AVG)检波和峰值(PK)检波两种。射频信号输出功率通常不大于0dBm。

[0082] 在步骤S930中,调整阻抗变换模块,确定第一滤波电路的输入端和输出端的阻抗。

[0083] 在本公开实施例中,阻抗变换模块可以实现同轴线特性阻抗与被测的滤波电路端口阻抗之间的阻抗匹配,同时可以实现滤波电路输入输出端口阻抗严重失配情况下的滤波效果的测量。

[0084] 在本公开中,通过调整阻抗变换模块,可以调整滤波电路的输入端和输出端的阻抗。

[0085] 在步骤S940中,在阻抗不同的状态下,基于参数控制矢量网络分析仪输出信号,测量第一滤波电路的损耗。

[0086] 在本公开中,在阻抗不同的状态下,基于确定的电路损耗测量装置的电源,还可以在是否加载负载,从而基于参数控制矢量网络分析仪输出信号,测量第一滤波电路的损耗。

[0087] 在本公开一些实施例中,响应于确定状态为匹配状态,基于参数控制矢量网络分析仪输出信号,测量第一滤波电路的损耗。

[0088] 通过本公开实施例提供的电路损耗测量方法,可以通过阻抗变换模块3)利用传输线变压器电路模型设计的阻抗变换模块可以极大地降低测量系统固有传输损耗,提高系统的测量动态范围。

[0089] 图10示出了本公开实施例提供的阻抗匹配下的插入损耗测试示意图。如图10所示,滤波电路输入输出端接阻抗均为 $50\ \Omega$ (输入输出阻抗比为1:1)条件下的连接方式示意图。

[0090] 在本公开又一些实施例中,响应于确定状态为失配状态,基于参数控制矢量网络分析仪输出信号,测量第一滤波电路的损耗。

[0091] 图11示出了本公开实施例提供的阻抗失配下的插入损耗测试示意图。如图11所示,滤波电路端接阻抗严重失配(例如,输入输出阻抗比为1:10000)条件下的连接示意图。滤波电路输入输出端接阻抗失配是用于模拟实际应用中存在的不确定阻抗状态对滤波电路插入损耗测量的影响。使得测量数据更加完整。

[0092] 需要说明的是,本公开上述实施例可以一起被实施,也可以单独被实施。

[0093] 在本公开实施例中,在测试滤波电路之前可以对PCB基板jinxin给校准,即,确定PCB基板的损耗。

[0094] 进一步的,可以获取PCB基板上的校准电路,将矢量网络分析仪与校准电路连接,基于参数控制矢量网络分析仪输出信号,测量校准电路,得到PCB基板的损耗。

[0095] 在本公开一些实施例中,可以开通电源,确定负载处于加载状态;在阻抗处于匹配状态下,基于参数控制所述矢量网络分析仪输出信号,测量第一滤波电路的损耗;在阻抗处于失配状态下,基于参数控制矢量网络分析仪输出信号,测量第一滤波电路的损耗。

[0096] 图12示出了本公开实施例提供的加载负载条件下的滤波电路损耗测量流程示意图。如图12所示,设置参数,对PCB基板进行校准,闭合电源开关,将射频信号输入侧阻抗变换模块的输出端口与输出侧阻抗变换模块的输入端口连接至PCB基板校准端口Port1和Port2。

[0097] 分别使用 $50\ \Omega$ / $50\ \Omega$ 变换比的阻抗变换模块进行系统校准,测量系统插入损耗为 L_1 。使用 $50\ \Omega$ / $0.01\ \Omega$ 和 $100\ \Omega$ / $50\ \Omega$ 变换比的阻抗变换模块进行系统校准,测量系统插入损耗为 L_2 。

[0098] 配置滤波电路。例如,在PCB基板上选择合适的电路模板,将初始设计的滤波电路相同型号的电阻、电容和电感器件进行配置并固定。

[0099] 执行测量。进一步,操作上位机控制测量设备,分别对两种阻抗匹配状态下的滤波电路进行测量,并由上位机输出计算后的插入损耗结果。

[0100] 使用 $50\ \Omega$ / $50\ \Omega$ 阻抗变换模块执行滤波电路插入损耗的结果 L_1' ,使用 $50\ \Omega$ / $0.01\ \Omega$ 和 $100\ \Omega$ / $50\ \Omega$ 阻抗变换模块执行滤波电路插入损耗的结果 L_2' 。

[0101] 上位机运算处理得到滤波电路的插入损耗:(L_1-L_1') 和 (L_2-L_2');并输出插入损耗的幅频曲线。

[0102] 在本公开又一些实施例中,断开电源,确定负载处于未加载状态;在阻抗处于匹配状态下,基于所述参数控制所述矢量网络分析仪输出信号,测量所述第一滤波电路的损耗;在阻抗处于失配状态下,基于所述参数控制所述矢量网络分析仪输出信号,测量所述第一滤波电路的损耗。

[0103] 图13示出了本公开实施例提供的加载负载条件下的滤波电路损耗测量流程示意图。如图13所示,设置参数,对PCB基板进行校准,闭合电源开关,将射频信号输入侧阻抗变换模块的输出端口与输出侧阻抗变换模块的输入端口连接至PCB基板校准端口Port1和Port2。

[0104] 分别使用50欧姆(Ω)/50 Ω 变换比的阻抗变换模块进行系统校准,测量系统插入损耗为L3。使用50 Ω /0.01 Ω 和100 Ω /50 Ω 变换比的阻抗变换模块进行系统校准,测量系统插入损耗为L4。

[0105] 配置滤波电路。例如,在PCB基板上选择合适的电路模板,将初始设计的滤波电路相同型号的电阻、电容和电感器件进行配置并固定

[0106] 执行测量。进一步,操作上位机控制测量设备,分别对两种阻抗匹配状态下的滤波电路进行测量,并由上位机输出计算后的插入损耗结果。

[0107] 使用50 Ω /50 Ω 阻抗变换模块执行滤波电路插入损耗的结果L3',使用50 Ω /0.01 Ω 和100 Ω /50 Ω 阻抗变换模块执行滤波电路插入损耗的结果L4'。

[0108] 上位机运算处理得到滤波电路的插入损耗:(L3-L3')和(L4-L4');并输出插入损耗的幅频曲线。

[0109] 在本公开实施例中,还可以基于测量结果对滤波电路进行调整,已得到更加符合要求的滤波电路。

[0110] 本公开2)可以实现加载和不加载条件下滤波电路插入损耗的量化测量,更好的模拟滤波电路在实际工作状态下的滤波状态。

[0111] 图14示出了本公开实施例提供的一种电路损耗测量优化方法的流程示意图,如图14中所示,该方法可以包括:

[0112] 在步骤S1410中,基于上位机,获取第一滤波电路的损耗以及PCB基板的损耗。

[0113] 在步骤S1420中,计算第一滤波电路的损耗以及PCB基板的损耗,确定第一滤波电路的损耗结果。

[0114] 在步骤S1430中,响应于确定损耗结果不满足预设阈值,基于损耗结果调整第一滤波电路,直到损耗结果满足预设阈值,得到第二滤波电路。

[0115] 在步骤S1440中,将第二滤波电路确定为目标产品的滤波电路。

[0116] 在本公开实施例中,可以基于上位机获取测量的结果,即L1、L1'、L2、L2'、L3、L3'、L4、L4'。基于L1-L1'、L2-L2'、L3-L3'、L4-L4'以及PCB基板的损耗,确定滤波电路的损耗结果。根据标准规定的测量频段以及对应的限值要求,结合当前设计的滤波电路插入损耗测量的测量结果进行评估风险。

[0117] 在测量结果不满足预设阈值的情况下,基于损耗结果调整第一滤波电路,直到损耗结果满足预设阈值,得到第二滤波电路,从而得到目标产品合理的滤波电路。

[0118] 在本公开中,可以保存滤波电路每一次的测量结果,设计人员可以通过对比各次测量结果,掌握滤波电路每一次优化对结果的影响,从而更高效地完成设计。

[0119] 基于与图9中所示的方法相同的原理,图15示出了本公开实施例提供的一种电路损耗测量系统结构示意图,如图15所示,该电路损耗测量系统1500可以包括:

[0120] 确定模块1501,用于基于电磁兼容标准,确定目标产品所需的第一滤波电路;设置模块1502,用于基于所述电磁兼容标准,设置所述矢量网络分析仪的参数;调整模块1503,

用于调整阻抗变换模块,确定所述第一滤波电路的输入端和输出端的阻抗;测量模块1504,用于在所述阻抗不同的状态下,基于所述参数控制所述矢量网络分析仪输出信号,测量所述第一滤波电路的损耗。

[0121] 在本公开实施例中,所述测量模块1504,用于响应于确定所述状态为匹配状态,基于所述参数控制所述矢量网络分析仪输出信号,测量所述第一滤波电路的损耗;和/或,响应于确定所述状态为失配状态,基于所述参数控制所述矢量网络分析仪输出信号,测量所述第一滤波电路的损耗。

[0122] 在本公开实施例中,所述测量模块1504,还用于开通电源,确定负载处于加载状态;在阻抗处于匹配状态下,基于所述参数控制所述矢量网络分析仪输出信号,测量所述第一滤波电路的损耗;在阻抗处于失配状态下,基于所述参数控制所述矢量网络分析仪输出信号,测量所述第一滤波电路的损耗。

[0123] 在本公开实施例中,所述测量模块1504,还用于断开电源,确定负载处于未加载状态;在阻抗处于匹配状态下,基于所述参数控制所述矢量网络分析仪输出信号,测量所述第一滤波电路的损耗;在阻抗处于失配状态下,基于所述参数控制所述矢量网络分析仪输出信号,测量所述第一滤波电路的损耗。

[0124] 在本公开实施例中,所述测量模块1504,还用于获取安装所述第一滤波电路的PCB基板;获取所述PCB基板的校准电路;基于所述参数控制所述矢量网络分析仪输出信号,测量所述校准电路,得到所述PCB基板的损耗。

[0125] 在本公开实施例中,所述测量模块1504,还用于基于上位机,获取所述第一滤波电路的损耗以及所述PCB基板的损耗;计算所述第一滤波电路的损耗以及所述PCB基板的损耗,确定所述第一滤波电路的损耗结果;响应于确定所述损耗结果不满足预设阈值,基于所述损耗结果调整所述第一滤波电路,直到所述损耗结果满足所述预设阈值,得到第二滤波电路;将所述第二滤波电路确定为所述目标产品的滤波电路。

[0126] 本公开的技术方案中,所涉及的用户个人信息的获取,存储和应用等,均符合相关法律法规的规定,且不违背公序良俗。

[0127] 根据本公开的实施例,本公开还提供了一种电子设备、一种可读存储介质和一种计算机程序产品。

[0128] 图16示出了可以用来实施本公开的实施例的示例电子设备1600的示意性框图。电子设备旨在表示各种形式的数字计算机,诸如,膝上型计算机、台式计算机、工作台、个人数字助理、服务器、刀片式服务器、大型计算机、和其它适合的计算机。电子设备还可以表示各种形式的移动装置,诸如,个人数字处理、蜂窝电话、智能电话、可穿戴设备和其它类似的计算装置。本文所示的部件、它们的连接和关系、以及它们的功能仅仅作为示例,并且不意在限制本文中描述的和/或者要求的本公开的实现。

[0129] 如图16所示,设备1600包括计算单元1601,其可以根据存储在只读存储器 (ROM) 1602中的计算机程序或者从存储单元1608加载到随机访问存储器 (RAM) 1603中的计算机程序,来执行各种适当的动作和处理。在RAM 1603中,还可存储设备1600操作所需的各种程序和数据。计算单元1601、ROM 1602以及RAM 1603通过总线1604彼此相连。输入/输出 (I/O) 接口1605也连接至总线1604。

[0130] 设备1600中的多个部件连接至I/O接口1605,包括:输入单元1606,例如键盘、鼠标

等;输出单元1607,例如各种类型的显示器、扬声器等;存储单元1608,例如磁盘、光盘等;以及通信单元1609,例如网卡、调制解调器、无线通信收发机等。通信单元1609允许设备1600通过诸如因特网的计算机网络和/或各种电信网络与其他设备交换信息/数据。

[0131] 计算单元1601可以是各种具有处理和计算能力的通用和/或专用处理组件。计算单元1601的一些示例包括但不限于中央处理单元(CPU)、图形处理单元(GPU)、各种专用的人工智能(AI)计算芯片、各种运行机器学习模型算法的计算单元、数字信号处理器(DSP)、以及任何适当的处理器、控制器、微控制器等。计算单元1601执行上文所描述的各个方法和处理,例如电路损耗测量优化方法。例如,在一些实施例中,电路损耗测量优化方法可被实现为计算机软件程序,其被有形地包含于机器可读介质,例如存储单元1608。在一些实施例中,计算机程序的部分或者全部可以经由ROM 1602和/或通信单元1609而被载入和/或安装到设备1600上。当计算机程序加载到RAM 1603并由计算单元1601执行时,可以执行上文描述的电路损耗测量优化方法的一个或多个步骤。备选地,在其他实施例中,计算单元1601可以通过其他任何适当的方式(例如,借助于固件)而被配置为执行电路损耗测量优化方法。

[0132] 本文中以上描述的系统和技术各种实施方式可以在数字电子电路系统、集成电路系统、现场可编程门阵列(FPGA)、专用集成电路(ASIC)、专用标准产品(ASSP)、芯片上系统的系统(SOC)、负载可编程逻辑设备(CPLD)、计算机硬件、固件、软件、和/或它们的组合中实现。这些各种实施方式可以包括:实施在一个或者多个计算机程序中,该一个或者多个计算机程序可在包括至少一个可编程处理器的可编程系统上执行和/或解释,该可编程处理器可以是专用或者通用可编程处理器,可以从存储系统、至少一个输入装置、和至少一个输出装置接收数据和指令,并且将数据和指令传输至该存储系统、该至少一个输入装置、和该至少一个输出装置。

[0133] 用于实施本公开的方法的程序代码可以采用一个或多个编程语言的任何组合来编写。这些程序代码可以提供给通用计算机、专用计算机或其他可编程数据处理装置的处理器或控制器,使得程序代码当由处理器或控制器执行时使流程图和/或框图中所规定的功能/操作被实施。程序代码可以完全在机器上执行、部分地在机器上执行,作为独立软件包部分地在机器上执行且部分地在远程机器上执行或完全在远程机器或服务器上执行。

[0134] 在本公开的上下文中,机器可读介质可以是有形的介质,其可以包含或存储以供指令执行系统、装置或设备使用或与指令执行系统、装置或设备结合地使用的程序。机器可读介质可以是机器可读信号介质或机器可读储存介质。机器可读介质可以包括但不限于电子的、磁性的、光学的、电磁的、红外的、或半导体系统、装置或设备,或者上述内容的任何合适组合。机器可读存储介质的更具体示例会包括基于一个或多个线的电气连接、便携式计算机盘、硬盘、随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、可擦除可编程只读存储器(EPROM或快闪存储器)、光纤、便捷式紧凑盘只读存储器(CD-ROM)、光学储存设备、磁储存设备、或上述内容的任何合适组合。

[0135] 为了提供与用户的交互,可以在计算机上实施此处描述的系统和技术,该计算机具有:用于向用户显示信息的显示装置(例如,CRT(阴极射线管)或者LCD(液晶显示器)监视器);以及键盘和指向装置(例如,鼠标或者轨迹球),用户可以通过该键盘和该指向装置来将输入提供给计算机。其它种类的装置还可以用于提供与用户的交互;例如,提供给用户的反馈可以是任何形式的传感反馈(例如,视觉反馈、听觉反馈、或者触觉反馈);并且可以用

任何形式(包括声输入、语音输入或者、触觉输入)来接收来自用户的输入。

[0136] 可以将此处描述的系统和技术实施在包括后台部件的计算系统(例如,作为数据服务器)、或者包括中间件部件的计算系统(例如,应用服务器)、或者包括前端部件的计算系统(例如,具有图形用户界面或者网络浏览器的用户计算机,用户可以通过该图形用户界面或者该网络浏览器来与此处描述的系统和技术实施方式交互)、或者包括这种后台部件、中间件部件、或者前端部件的任何组合的计算系统中。可以通过任何形式或者介质的数字数据通信(例如,通信网络)来将系统的部件相互连接。通信网络的示例包括:局域网(LAN)、广域网(WAN)和互联网。

[0137] 计算机系统可以包括客户端和服务端。客户端和服务端一般远离彼此并且通常通过通信网络进行交互。通过在相应的计算机上运行并且彼此具有客户端-服务器关系的计算机程序来产生客户端和服务端的关系。服务器可以是云服务器,也可以为分布式系统的服务器,或者是结合了区块链的服务器。

[0138] 应该理解,可以使用上面所示的各种形式的流程,重新排序、增加或删除步骤。例如,本公开中记载的各步骤可以并行地执行也可以顺序地执行也可以不同的次序执行,只要能够实现本公开公开的技术方案所期望的结果,本文在此不进行限制。

[0139] 上述具体实施方式,并不构成对本公开保护范围的限制。本领域技术人员应该明白的是,根据设计要求和因素,可以进行各种修改、组合、子组合和替代。任何在本公开的精神和原则之内所作的修改、等同替换和改进等,均应包含在本公开保护范围之内。

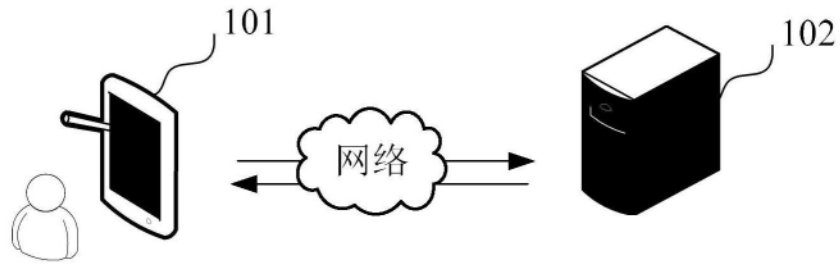


图1

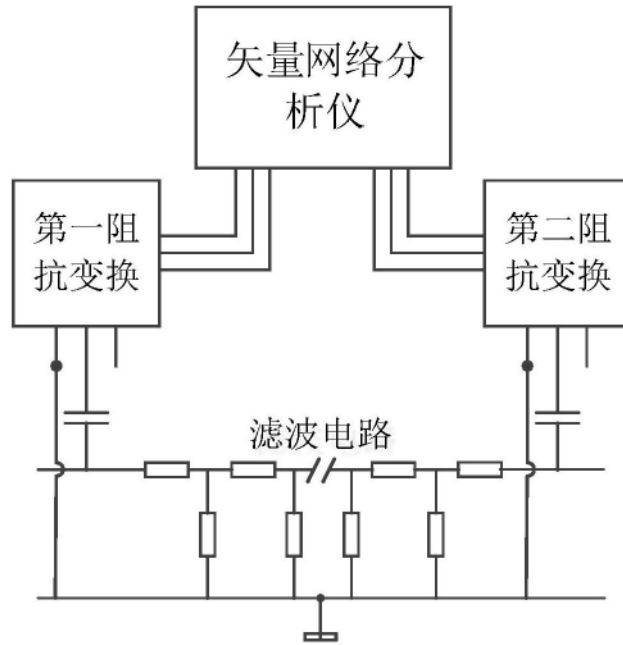


图2

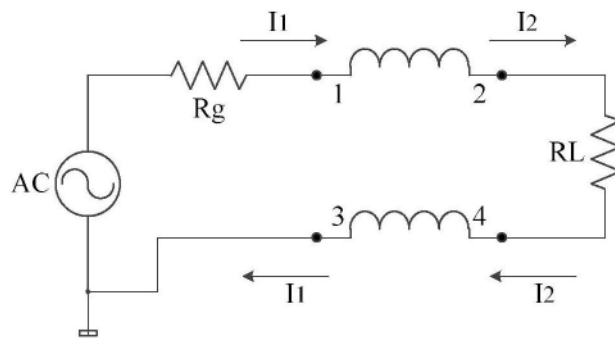


图3

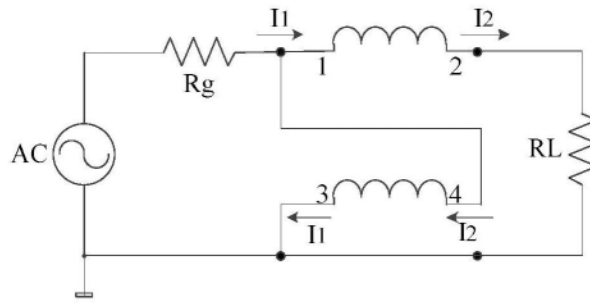


图4

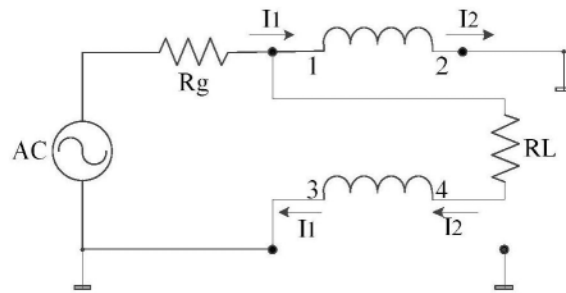


图5

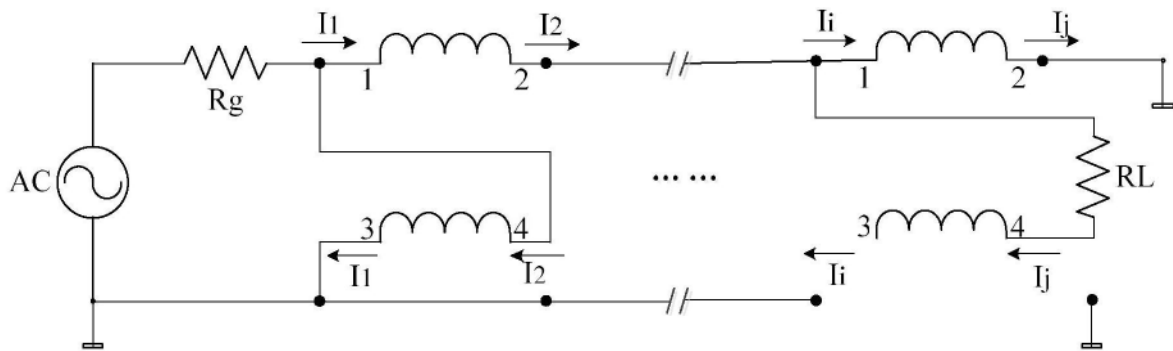


图6

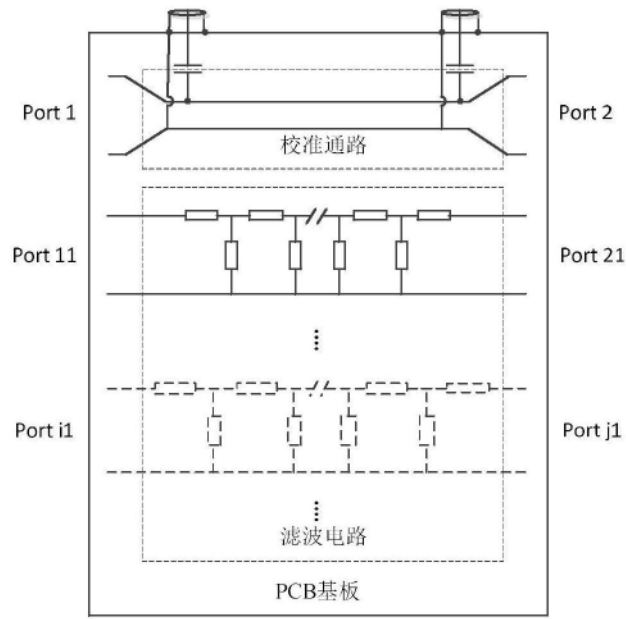


图7

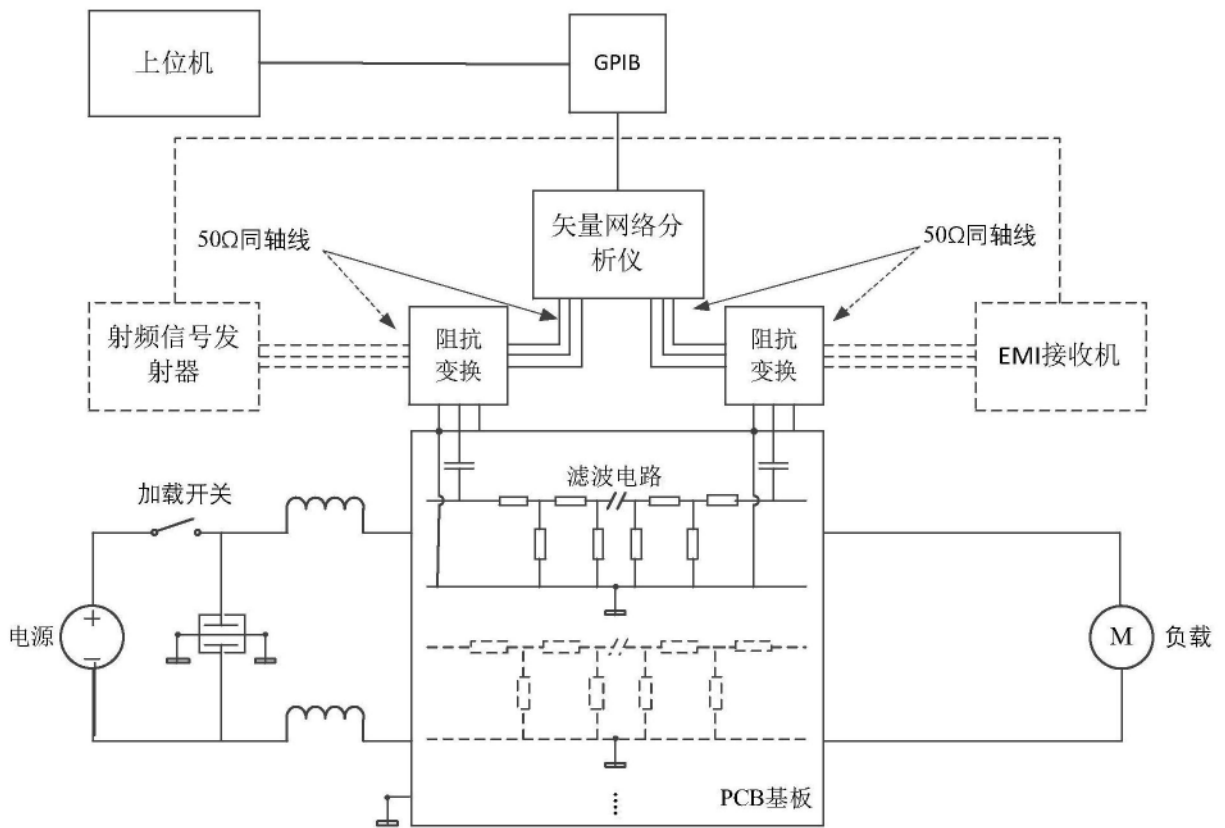


图8

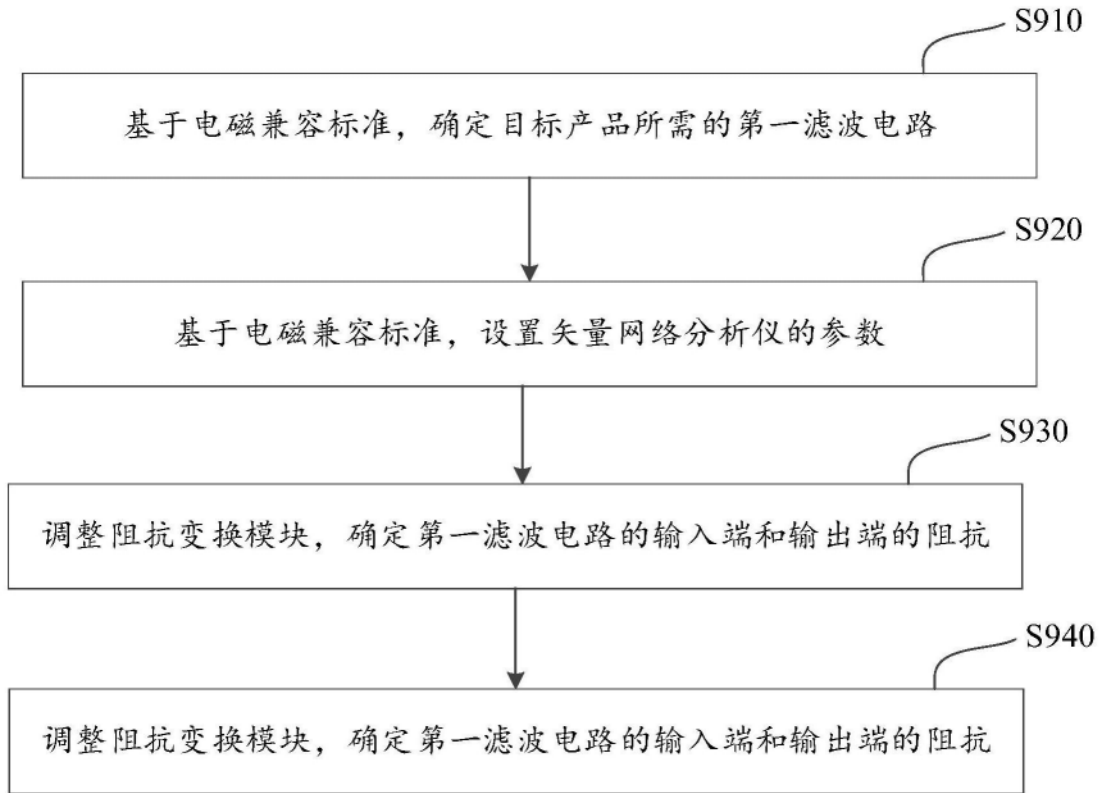


图9

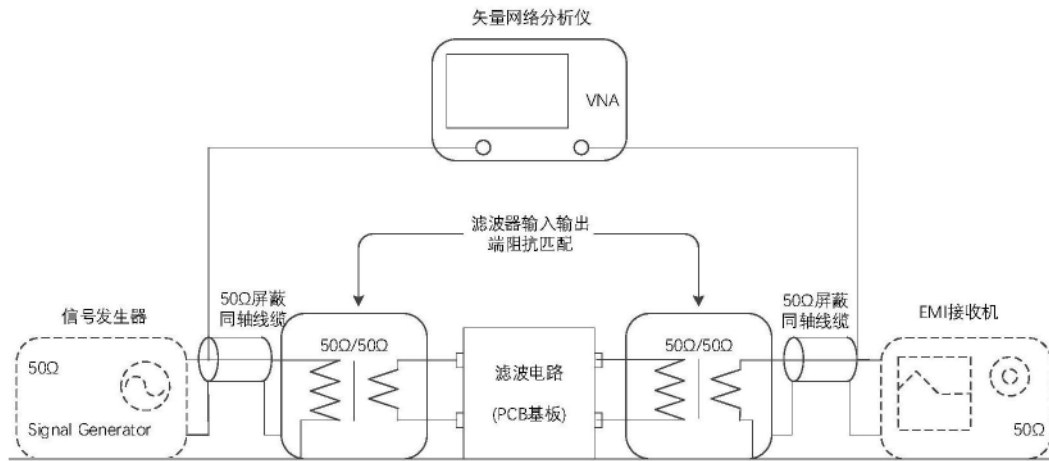


图10

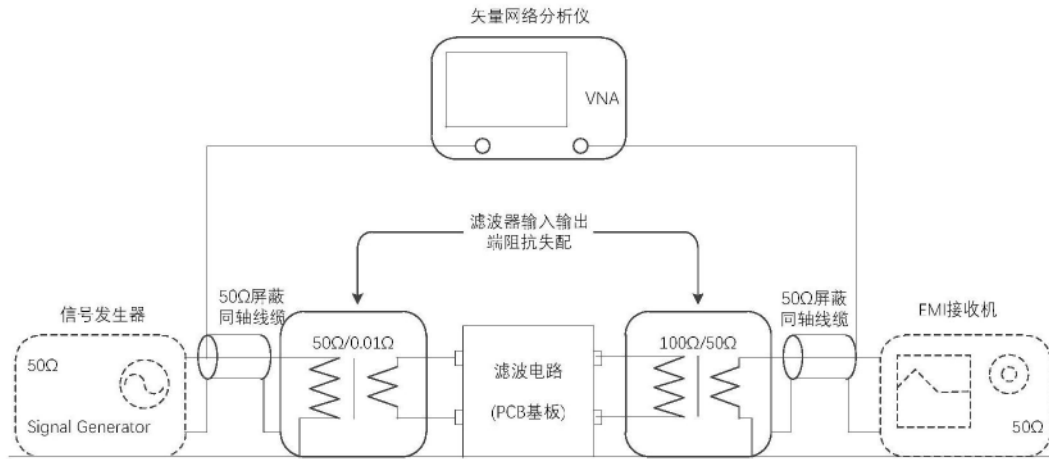


图11

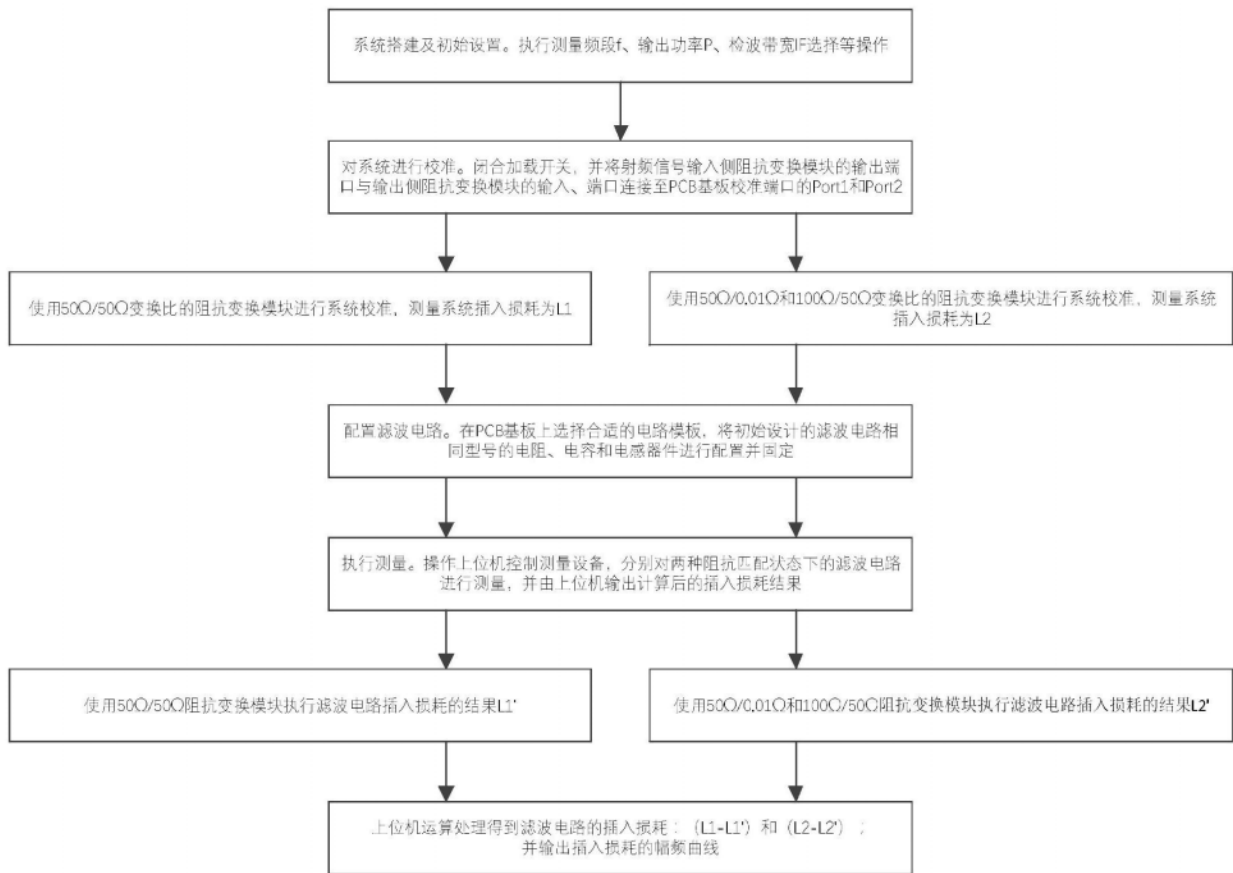


图12

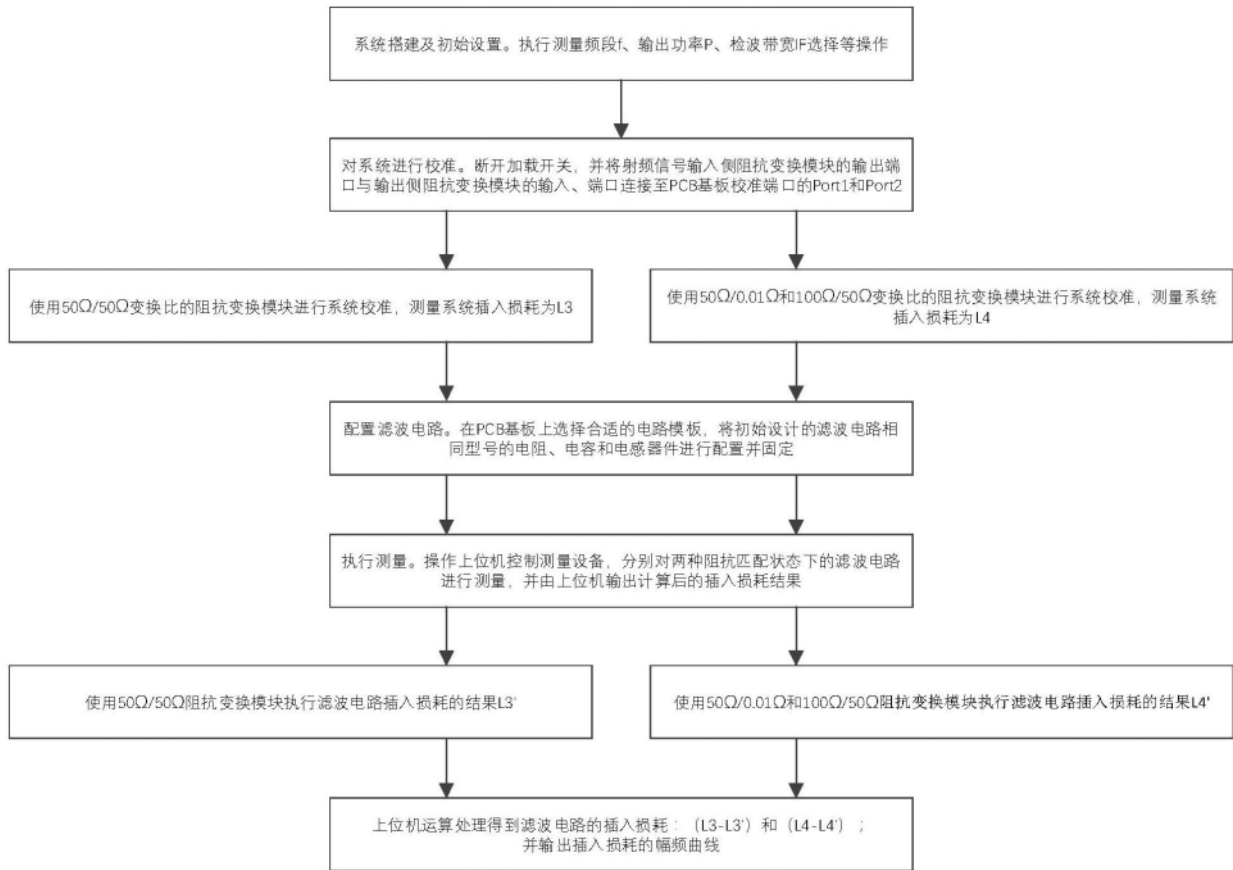


图13

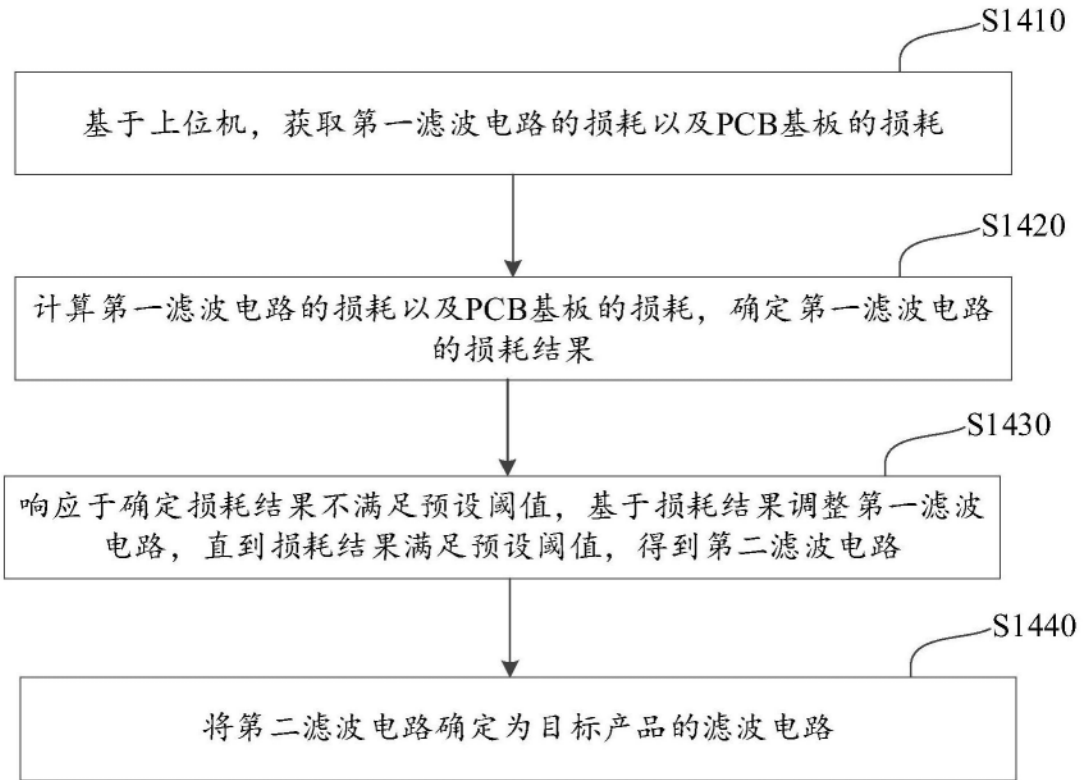


图14

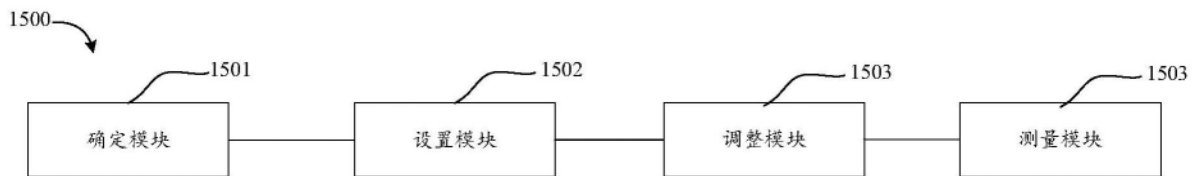


图15

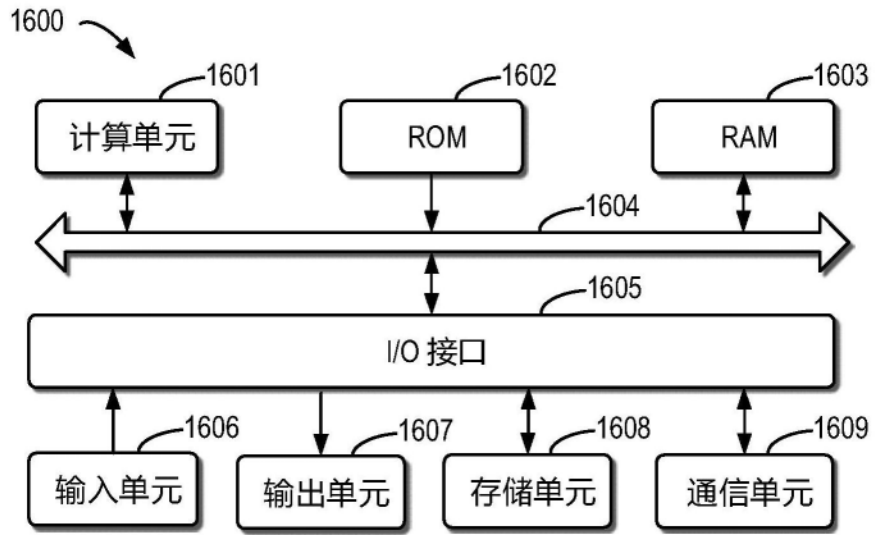


图16