



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101116262 B

(45) 授权公告日 2013. 04. 03

(21) 申请号 200680004542. X

(22) 申请日 2006. 01. 12

(30) 优先权数据

60/643, 624 2005. 01. 13 US

11/177, 810 2005. 07. 08 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2007. 08. 10

(86) PCT申请的申请数据

PCT/EP2006/001002 2006. 01. 12

(87) PCT申请的公布数据

W02006/074968 EN 2006. 07. 20

(73) 专利权人 LM 爱立信电话有限公司

地址 瑞典斯德哥尔摩

(72) 发明人 比约恩·古斯塔夫松

马丁·阿克贝里

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司 11021

代理人 王波波

(51) Int. Cl.

H04B 7/005 (2006. 01)

(56) 对比文件

W0 0039992 A, 2000. 07. 06,

US 2004240582 A1, 2004. 12. 02,

审查员 孙成玉

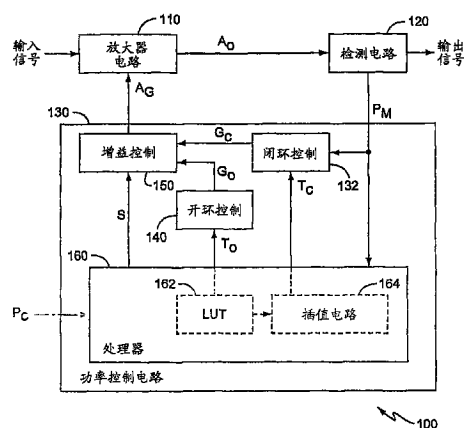
权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图 7 页

(54) 发明名称

连续地控制放大器电路的增益的方法和相应的放大系统

(57) 摘要

本发明包括用于在开环功率控制和闭环功率控制之间进行切换时连续地控制放大器电路的增益的方法和装置。在开环功率控制模式和闭环功率控制模式期间,控制电路基于所选择的基准来控制放大器电路的增益。在从开环功率控制切换到闭环功率控制之前,控制电路基于切换前在放大器电路的输出处测量的功率来确定闭环基准。在切换后,控制电路基于所确定的闭环基准来控制放大器电路的增益。在从闭环功率控制切换到开环功率控制之前,控制电路产生当前开环基准和先前的开环基准之间的差值。在切换后,控制电路基于通过将该差值应用于先前的闭环增益控制信号而生成的开环增益控制信号来控制放大器电路的增益。



1. 一种在从开环功率控制切换到闭环功率控制时连续地控制包括可变增益放大器 (VGA) 的放大器电路的增益的方法, 该方法包括:

在开环功率控制期间测量所述放大器电路的输出功率;

基于测量到的输出功率来调节闭环功率控制基准, 以产生经调节的闭环功率控制基准; 以及

在从开环功率控制切换到闭环功率控制之后, 基于所述经调节的闭环功率控制基准来控制所述放大器电路的增益,

其中所述闭环功率控制基准是闭环功率控制目标功率电平。

2. 根据权利要求 1 所述的方法, 其中, 调节所述闭环功率控制基准包括: 基于所述测量到的输出功率从查找表中选择闭环功率控制基准, 以产生所选择的闭环功率控制基准, 其中所述查找表具有开环功率控制部分和闭环功率控制部分, 并以有序列表的形式与多个功率控制级别相对应地存储多个开环功率控制基准和多个闭环功率控制基准, 其中所述开环功率控制基准是开环功率控制基准 VGA 控制信号。

3. 根据权利要求 2 所述的方法, 其中, 调节所述闭环功率控制基准还包括:

基于所述测量到的输出功率和所选择的闭环功率控制基准来产生插值因子; 以及

将所述插值因子应用于所选择的闭环功率控制基准, 以产生经调节的闭环功率控制基准。

4. 根据权利要求 1 所述的方法, 该方法还包括:

在开环功率控制期间, 基于开环功率控制基准来控制所述 VGA 的增益,

其中所述开环功率控制基准是开环功率控制基准 VGA 控制信号。

5. 根据权利要求 1 所述的方法, 该方法还包括:

在从闭环功率控制切换到开环功率控制时,

基于当前开环功率控制基准和从闭环功率控制转换到开环功率控制之前的先前的开环功率控制基准之间的差值来确定开环增益调节值; 以及

基于该开环增益调节值来调节从闭环功率控制转换到开环功率控制之前生成的闭环增益控制信号,

其中所述开环功率控制基准是开环功率控制基准 VGA 控制信号。

6. 根据权利要求 1 所述的方法, 该方法还包括: 基于功率控制命令从查找表中选择功率控制基准, 其中所述查找表具有开环功率控制部分和闭环功率控制部分, 并以有序列表的形式与多个功率控制级别相对应地存储多个开环功率控制基准和多个闭环功率控制基准, 其中所述开环功率控制基准是开环功率控制基准 VGA 控制信号, 以及

在所选择的功率控制基准是从所述查找表的所述闭环功率控制部分选择的情况下, 从开环功率控制切换到闭环功率控制。

7. 根据权利要求 1 所述的方法, 该方法还包括: 当所述测量到的输出功率达到或超过预定阈值时, 从开环功率控制切换到闭环功率控制。

8. 一种放大系统, 包括:

放大器电路, 其包括可变增益放大器 (VGA);

检测电路, 其被构造为测量所述放大器电路的输出功率; 以及

功率控制电路, 其可在开环功率控制模式和闭环功率控制模式下操作, 以基于闭环功

率控制基准或开环功率控制基准来控制所述 VGA 的增益,所述功率控制电路被构造为当从开环功率控制切换到闭环功率控制时,基于在切换前由所述检测电路测量的输出功率来确定所述闭环功率控制基准,

其中所述开环功率控制基准是开环功率控制基准 VGA 控制信号,以及所述闭环功率控制基准是闭环功率控制目标功率电平。

9. 根据权利要求 8 所述的放大系统,其中,所述功率控制电路包括查找表,该查找表被构造为具有开环功率控制部分和闭环功率控制部分,并以有序列表的形式与多个功率控制级别相对应地存储多个开环功率控制基准和多个闭环功率控制基准。

10. 根据权利要求 9 所述的放大系统,其中,所述功率控制电路被构造为通过基于所述测量到的输出功率从所述查找表中选择闭环功率控制基准,来确定所述闭环功率控制基准。

11. 根据权利要求 10 所述的放大系统,其中,所述功率控制电路包括插值电路,该插值电路被构造为通过对基于所述测量到的输出功率从查找表中选择的闭环功率控制基准进行插值,来确定所述闭环功率控制基准。

12. 根据权利要求 11 所述的放大系统,其中,所述插值电路还被构造为基于测量到的输出功率和所选择的闭环功率控制基准来产生插值因子,并且其中,所述插值电路被构造为将所述插值因子应用于所选择的闭环功率控制基准,以确定所述闭环功率控制基准。

13. 根据权利要求 9 所述的放大系统,其中,所述功率控制电路被构造为基于功率控制命令选择功率控制基准,并且所述功率控制电路还被构造为在所选择的功率控制基准是从所述查找表的所述闭环功率控制部分选择的情况下,从开环功率控制切换到闭环功率控制。

14. 根据权利要求 8 所述的放大系统,其中,所述功率控制电路还被构造为基于开环功率控制基准在开环功率控制期间控制所述 VGA 的增益。

15. 根据权利要求 8 所述的放大系统,其中,所述功率控制电路还被构造为:在从闭环功率控制转换到开环功率控制时,基于当前开环功率控制基准和从闭环功率控制转换到开环功率控制之前的先前的开环功率控制基准之间的差值来确定开环增益调节值。

16. 根据权利要求 15 所述的放大系统,其中,所述功率控制电路还被构造为基于所述开环增益调节值来调节从闭环功率控制转换到开环功率控制之前生成的闭环增益控制信号。

17. 根据权利要求 8 所述的放大系统,其中,所述功率控制电路还被构造为在测量到的输出功率达到或超过预定阈值时,从开环功率控制切换到闭环功率控制。

18. 根据权利要求 8 所述的放大系统,其中,所述放大系统被设置在无线通信系统中所使用的无线发射器中。

连续地控制放大器电路的增益的方法和相应的放大系统

技术领域

[0001] 本发明总体上涉及用于无线发射器的功率控制,更具体地说,涉及用于无线发射器的可变增益放大器电路。

背景技术

[0002] 无线通信系统采用功率控制来减少干扰并增加系统容量,同时保持最小信号质量标准。无线通信系统(即,WCDMA(宽带码分多址)系统)的容量主要依靠上行功率控制的精确执行。诸如 3GPP TS 25.101 的许多无线通信标准都包括对无线通信设备中的传输功率控制精度的具体要求。这些设备要求包括绝对精度传输功率要求和相对精度传输功率要求。绝对要求限定了相对于额定传输功率的下限传输功率和上限传输功率。相对要求限定了两个传输时隙(不必是相邻的时隙)之间的最小传输功率差和最大传输功率差,以及多个时隙的合计传输功率差。

[0003] 闭环功率控制表示一种用于控制无线通信设备内的传输功率以符合相对和绝对传输功率要求的方法。如在此所采用的,闭环功率控制是指无线通信设备中执行的反馈功率控制。闭环功率控制系统确定测量传输功率和期望传输功率之间的误差。基于该误差,闭环功率控制系统通过调节无线通信设备的无线发射器中的可变增益放大器的增益来调节传输功率。

[0004] 由于功率检测器具有有限的动态范围,所以无线通信设备可能不能精确地测量低传输功率,导致闭环功率控制在低传输功率下变得不可靠。为了避免这种情况,无线通信设备可以另选地使用开环功率控制。如在此所采用的,开环功率控制是指在无线通信设备中基于已知的设备运行参数和/或环境条件,响应于功率控制命令,而执行的调节传输功率的功率控制。开环功率控制使得能够符合相对功率要求。然而,由于开环功率控制不包括任何用于校验传输功率的精度的手段,所以开环功率控制可能产生偏离期望传输功率的传输功率,从而违反了绝对功率要求。

[0005] 另一种方案可以采用闭环功率控制和开环功率控制的组合。当测量传输功率达到或超过预定阈值时,无线通信设备执行闭环功率控制。否则,无线通信设备执行开环功率控制。

[0006] 应当理解,这种组合方案总体上解决了与完全闭环功率控制系统和完全开环功率控制系统相关的上述问题。然而,由于在切换到闭环之前,开环传输功率相对不确定,所以当从开环功率控制切换到闭环功率控制时产生的功率阶跃(step)也将相对不确定,这可能导致在转换期间产生不连续。此外,由于在闭环功率控制期间的增益控制信号可以明显不同于从闭环功率控制切换到开环功率控制之后生成的增益控制信号,所以当从闭环功率控制切换到开环功率控制时也可能产生不连续。这些不连续可能导致在开环功率控制和闭环功率控制之间进行转换的期间,相邻时隙之间的功率阶跃超过相对传输功率要求。因此,必须仔细地控制开环功率控制和闭环功率控制之间的转换,以确保符合相对传输功率要求。

发明内容

[0007] 本发明包括用于在开环功率控制和闭环功率控制之间进行切换时连续地控制放大器电路的增益的方法和装置。根据一个示例性实施方式,一种放大系统包括:放大器电路、检测电路以及功率控制电路。在开环功率控制模式和闭环功率控制模式期间,功率控制电路分别基于开环功率控制基准和闭环功率控制基准来控制放大器电路中的可变增益放大器的增益。检测电路测量放大器电路的输出功率。功率控制电路基于在从开环功率控制切换至闭环功率控制之前测量的输出功率来确定闭环功率控制基准。在从开环功率控制切换到闭环功率控制之后,功率控制电路基于所确定的闭环功率控制基准来控制可变增益放大器的增益。

[0008] 根据另一示例性实施方式,功率控制电路在从闭环功率控制切换到开环功率控制时,基于开环增益控制信号来控制可变增益放大器的增益。对于该实施方式,功率控制电路产生当前开环功率控制基准和以前的开环功率控制基准之间的差值。在从闭环功率控制切换到开环功率控制之后,功率控制电路将所述差值应用于以前的闭环增益控制信号,以生成新的开环增益控制信号。

附图说明

[0009] 图 1 是表示根据本发明的一个示例性放大系统的框图。

[0010] 图 2 是表示用于图 1 的放大系统的一个示例性放大器电路的框图。

[0011] 图 3 是表示用于图 1 的放大系统的一个示例性检测电路的框图。

[0012] 图 4A 和图 4B 是表示用于图 1 的放大系统的两个示例性闭环控制器的框图。

[0013] 图 5 是表示用于图 1 的放大系统的一个示例性增益控制器的框图。

[0014] 图 6 表示根据本发明的一个示例性实施方式的控制放大器电路的方法。

[0015] 图 7 表示根据本发明的一个示例性实施方式的确定闭环功率控制基准的方法。

[0016] 图 8 是表示用于图 1 的放大系统的一个示例性插值电路的框图。

[0017] 图 9 表示根据本发明的一个示例性实施方式的控制放大器电路的方法。

[0018] 图 10 是表示用于图 1 的放大系统的一个示例性开环控制器的框图。

[0019] 图 11A 和图 11B 表示闭环功率控制性能和开环功率控制性能之间的比较。

[0020] 图 12A 和图 12B 表示闭环功率控制性能和不连续的开环 / 闭环功率控制系统的性能之间的比较。

[0021] 图 13A 和图 13B 表示闭环功率控制性能和根据本发明的连续的开环 / 闭环连续功率控制系统的性能之间的比较。

具体实施方式

[0022] 图 1 是表示根据本发明的一个示例性实施方式的放大系统 100 的框图。在下文中,通过无线通信设备(例如,蜂窝式电话、卫星电话、个人通信服务(PCS)设备、个人数据助理(PDA)、掌上电脑、传呼机等)的无线发射器中的放大系统 100 来描述本发明。然而,应当理解,本发明适用于需要受控制的输出功率电平的任何电子器件中的任何放大系统 100。此外,尽管在下文中通过 WCDMA 系统中的无线通信设备来描述本发明,但是本领域的技术人

员应当理解,本发明也适用于诸如时分多址 (TDMA) 系统、正交频分复用 (OFDM) 系统等的其它无线通信系统。

[0023] 放大系统 100 控制诸如 WCDMA 传输信号的输出信号的功率电平。功率控制命令可以包括差动功率控制命令或绝对功率控制命令。在差动功率控制中,无线通信设备响应于上升和下降命令,以固定的步长,逐步使功率上升和下降。在一个示例性实施方式中,与无线通信设备进行通信的基站向无线通信设备发送功率控制命令。另选的是,无线通信设备中的处理器可以生成功率控制命令。由于功率控制命令的生成和 / 或接收是公知的,所以在此不再对其进行论述。

[0024] 根据一个示例性实施方式,放大系统 100 包括:放大器电路 110、检测电路 120 以及数字功率控制电路 130。放大器电路 110 响应于由功率控制电路 130 提供的增益控制信号 A_G 而放大输入信号,以获得所需功率电平的放大信号 A_0 。检测电路 120 提取所述放大信号 A_0 的一小部分,测量所提取部分的功率,并且将测量到的功率 P_M 提供给功率控制电路 130。另外,检测电路 120 提供用于放大器系统 100 的输出信号。功率控制电路 130 响应于功率控制命令和 / 或来自检测电路 120 的测量到的功率 P_M ,生成增益控制信号 A_G 。

[0025] 如图 2 所示,放大器电路 110 包括至少一个可变增益放大器 (VGA),用于放大输入信号,以获得所需功率电平的输出信号。概括地说,可变增益放大器 112 的增益响应于由功率控制电路 130 提供的增益控制信号 A_G 而变化。另外,放大器电路 110 还可以包括一个或更多个附加放大器 114,以帮助可变增益放大器 112 将输入信号放大为所需输出功率电平的输出信号。

[0026] 图 3 中所示的检测电路 120 测量输出信号的功率电平,并且将数字化形式的测量值 P_M 提供给功率控制电路 130。在一个示例性实施方式中,检测电路 120 包括:分离器 122、功率检测器 124 以及模数转换器 (ADC) 126。分离器 122 从放大信号 A_0 中提取一小部分,并且将所提取的部分提供给功率检测器 124。功率检测器 124 测量所提取的部分的功率,并且 ADC 126 将模拟测量值转换成数字功率测量值 P_M 。功率检测器 124 可以包括任何已知的功率检测电路。由于功率检测器是公知的,因此在此不再对其进行论述。

[0027] 功率控制电路 130 响应于功率控制命令和 / 或在开环功率控制和闭环功率控制期间测量到的功率 P_M ,产生用于放大器电路 110 的增益控制信号 A_G 。另外,根据本发明,功率控制电路 130 以开环功率控制和闭环功率控制之间的转换不产生相对功率偏差的方式来调节增益控制信号 A_G 。

[0028] 一个示例性功率控制电路 130 包括闭环控制器 132、开环控制器 140、增益控制器 150 以及处理器 160,如图 1 所示。处理器 160 生成用于对增益控制 150 进行控制的选择信号,如以下进一步讨论的。另外,处理器 160 响应于功率控制命令 P_C 和 / 或测量到的功率 P_M 而生成开环和闭环功率控制基准。在闭环功率控制期间,闭环控制器 132 基于闭环功率控制基准 T_C 和测量到的功率 P_M 生成闭环增益调节值 G_C 。在开环功率控制期间,开环控制器 140 基于开环功率控制基准 T_0 生成开环增益调节值 G_0 ,该开环功率控制基准 T_0 是基于功率控制命令 P_C 选择的。增益控制器 150 基于从闭环增益调节值和开环增益调节值中选择一个值来生成增益控制信号 A_G 。

[0029] 处理器 160 包括查找表 162 和插值电路 164。尽管图 1 示出了查找表 162 和插值电路 164 是处理器 160 的一部分,但是本领域的技术人员应当理解,查找表 162 和插值电路

164 中的一个或两者均可以独立于处理器 160 而实现。

[0030] 查找表 162 以有序列表的形式与多个功率控制级别相对应地存储多个开环和闭环功率控制基准。根据一个实施方式,所存储的开环功率控制基准可以包括基准 VGA 控制信号,并且所存储的闭环功率控制基准可以包括目标功率电平。响应于功率控制命令 P_c ,处理器 160 执行查找表 162,以选择闭环功率控制基准和开环功率控制基准。功率控制命令 P_c 可以根据任何公知的方法来生成。例如,可以基于测量到的导频信号强度由无线通信设备来计算功率控制命令 P_c 。

[0031] 插值电路 164 可以修改闭环功率控制基准 T_c ,以提供比仅通过查找表 162 可以获得的更高的分辨率。结果,在从开环功率控制转换为闭环功率控制时对闭环功率控制基准 T_c 进行修改可以避免大的阶跃,该大的阶跃会导致上述的不期望的不连续。在下文中进一步讨论插值电路 164 的操作。

[0032] 图 4A 示出了闭环控制器 132 的一个示例性实施方式,其基于测量到的输出功率 P_M 和闭环功率控制基准 T_c 之间的差值来产生闭环增益调节值。闭环控制器 132 包括组合器 134 和 VGA 转换器 136。在正常操作期间,组合器 134 确定测量到的功率 P_M 和闭环功率控制基准 T_c 之间的功率差,其中闭环功率控制基准 T_c 包括基于功率控制命令从查找表 162 中选择的数字化目标功率电平。转换器 136 将该功率差映射成数字化 VGA 值,以产生闭环增益调节值 G_c 。

[0033] 尽管图 4A 所示的实施方式示出的 VGA 转换器 136 在组合器 134 之后,然而另选的是,VGA 转换器 136 可以在组合器 134 之前,如图 4B 所示。在该实施方式中,VGA 转换器 136 将数字化的测量到的功率 P_M 映射成数字化 VGA 值。组合器 134 确定 P_M 的数字化 VGA 值与闭环功率控制基准 T_c 之间的差值,以产生闭环增益调节值 G_c 。在该实施方式中,正常闭环操作期间的闭环功率控制基准 T_c 包括基于功率控制命令从查找表 162 中选择的数字化目标 VGA 值。

[0034] 闭环控制器 132 将闭环增益调节值 G_c (其代表数字化 VGA 调节值) 提供给增益控制器 150。应当理解,尽管从查找表 162 中选择的闭环功率控制基准 T_c 仅响应于逐步上升或逐步下降的功率控制命令而变化,但是只要测量到的功率 P_M 相对于所选择的闭环功率控制基准 T_c 发生变化,闭环增益调节值 G_c 就变化。

[0035] 开环控制器 140 基于所选择的开环功率控制基准 T_o 产生开环增益调节值 G_o ,并且将 G_o 提供给增益控制器 150。通常,处理器 160 基于功率控制命令从查找表 162 中选择开环功率控制基准 T_o 。因此,与闭环功率控制基准 T_c 一样,开环功率控制基准 T_o 响应于逐步上升或逐步下降的功率控制命令而变化。然而,与可以独立于功率控制命令而变化的闭环增益调节值 G_c 不同,开环增益调节值 G_o 仅仅响应于功率控制命令的变化而变化,因此仅响应于开环功率控制基准 T_o 的变化而变化。

[0036] 如上所述,功率控制电路 130 调节可变增益放大器 112 的增益以满足传输功率要求。为此,增益控制器 150 选择闭环增益调节值和开环增益调节值中的一个,并且基于所选择的增益调节值来调节增益控制信号 A_c 。根据一个示例性实施方式,增益控制器 150 包括切换器 152、组合器 154 和寄存器 156,如图 5 所示。切换器 152 (可以包括任何公知的切换器,包括硬件切换器、软件切换器或它们的任意组合) 响应于选择信号 S 而选择闭环增益调节值 G_c 和开环增益调节值 G_o 中的一个。

[0037] 处理器 160 可以响应于由检测电路 120 提供的测量到的功率 P_M 生成选择信号 S。当 P_M 达到或超过预定阈值时,处理器 160 生成选择信号 S,以指示增益控制器 150 选择闭环增益调节值 G_C 。当 P_M 小于该阈值时,处理器 160 生成选择信号 S,以指示增益控制器 150 选择开环增益调节值 G_O 。

[0038] 另选的是,处理器 160 可以响应于所选择的基准在查找表 162 中的当前位置而生成选择信号 S。当该基准是从查找表 162 的闭环部分选择的时,处理器 160 生成选择信号 S,以指示增益控制器 150 选择闭环增益调节值 G_C 。另选的是,当该基准是从查找表 162 的开环部分选择的时,处理器 160 生成选择信号 S,以指示增益控制器 150 选择开环增益调节值 G_O 。

[0039] 在一个示例性实施方式中,处理器 160 可以采用这些技术的组合来在开环增益调节值和闭环增益调节值之间进行选择。根据该实施方式,当测量到的功率 P_M 达到或超过预定阈值时,处理器 160 生成选择信号 S,以指示增益控制器 150 选择闭环增益调节值 G_C 。然而,当该基准是从查找表 162 的开环部分选择的时,处理器 160 生成选择信号 S,以指示增益控制器 150 选择开环增益调节值 G_O 。

[0040] 在选择了开环增益调节值或闭环增益调节值中的一个之后,增益控制器 150 通过基于所选择的增益调节值调节存储在寄存器 156 中的先前的增益控制信号 A_C ,来生成新的增益控制信号 A_C 。根据一个示例性实施方式,组合器 154 将所选择的增益调节值与存储在寄存器 156 中的先前的增益控制信号进行组合,以生成新的增益控制信号。随后,寄存器 156 存储该新的增益控制信号,以在将来使用。

[0041] 增益控制器 150 可以将该数字增益控制信号 A_C 直接提供给放大器电路 110,以控制可变增益放大器 112 的增益。另选的是,如果可变增益放大器 112 需要模拟控制信号,则增益控制器 150 还可以包括数模转换器 (DAC) 158,以在将模拟增益控制信号 A_C 提供给放大器电路 110 之前,将数字增益控制信号 A_C 转换成模拟增益控制信号 A_C 。

[0042] 当放大器电路 110 的输出功率在功率检测器 124 的动态范围内时,闭环功率控制提供精确的功率控制。当输出功率电平超出该范围时,则开环功率控制更为合适。然而,如上所述,当在开环功率控制和闭环功率控制之间进行切换时,可能发生不连续。结果,在开环功率控制和闭环功率控制之间的转换期间,输出功率可能违反无线通信设备的相对功率要求。

[0043] 图 6 示出了一个示例性过程 200,其用于防止由从开环功率控制到闭环功率控制的转换而导致的输出信号功率的大阶跃变化。概括地说,功率控制电路 130 通过以下方式来确定闭环功率控制基准 T_C :在开环功率控制期间,基于在放大器电路 110 的输出处测量到的功率(块 210),在 LUT 中找到用于闭环功率控制基准 $T_C(p)$ 的调节值(块 220)。在从开环功率控制到闭环功率控制的切换之后,功率控制电路 130 基于所确定的闭环功率控制基准 T_C 来调节增益控制信号 A_C (块 230)。这样,本发明防止了在从开环功率控制到闭环功率控制的转换期间传输功率的大阶跃变化。通过插值电路 164 执行闭环功率控制基准的调节。

[0044] 插值电路 164 通过基于测量到的功率 P_M 计算 IF 电路 167 中的插值因子 (IF) 来确定闭环功率控制基准 T_C 。插值电路 164 随后将该插值因子应用于所选择的闭环功率控制基准。图 7 示出了使用这种方法的一个示例性过程 220。根据这种方法 220,插值电路 164 在查

找表 162 中选择使得开环功率控制期间测量到的输出功率 P_M 位于它们之间的两个闭环功率控制基准（块 222）。这两个所选择的闭环功率控制基准可以被表示为 $T_c(p)$ 和 $T_c(p+1)$ ，其中 p 表示在查找表 162 中的位置，而 $T_c(p+1)$ 表示较大的闭环功率控制基准。如果 p 等于预定的最大值（块 224），则处理器 160 将插值因子（IF）设置为零（块 226），以防止闭环功率控制基准超过最大值 $T_c(p = \max)$ 。即使在非转换操作期间也是这样。然而，如果 p 小于最大值，则 IF 电路 167 计算作为两个所选择的闭环功率控制基准 $T_c(p)$ 和 $T_c(p+1)$ 以及测量到的输出功率 P_M 的函数的插值因子（块 228）。在一个示例性实施方式中，IF 电路 167 可以根据下式计算插值因子：

$$[0045] \quad IF = \frac{P_M - T_c(p)}{T_c(p+1) - T_c(p)} \quad (1)$$

[0046] 在计算出插值因子之后，插值电路 164 确定闭环功率控制基准 T_c （块 229），该闭环功率控制基准 T_c 是插值因子、IF 以及所选择的闭环功率控制基准 $T_c(p)$ 和 $T_c(p+1)$ 的函数。对于图 4A 的实施方式， T_c 随后变得等于测量到的功率 P_M 。为此，插值电路 164 可以包括组合器 166 和 170 以及乘法器 168，如图 8 所示。乘法器 168 将计算出的插值因子应用于由组合器 166 计算出的两个所选择的闭环功率控制基准 $T_c(p)$ 和 $T_c(p+1)$ 之间的差值。组合器 170 随后将乘法器 168 的输出与 $T_c(p)$ 进行组合，以确定闭环功率控制基准 T_c 。

[0047] 应当理解，插值电路 164 不限于上述实施方式。例如，插值电路 164 可以与 $T_c(p+1)$ 无关地将计算出的插值因子直接应用于闭环功率控制基准 T_c 。另选的是，IF 电路 167 可以计算用于较大的闭环功率控制基准 $T_c(p+1)$ 的负插值因子，并且确定作为 $T_c(p+1)$ 和该插值因子的函数的闭环功率控制基准 T_c 。

[0048] 在完成从开环功率控制到闭环功率控制的转换之后，闭环控制器 132 继续计算测量到的功率 P_M 和经调节的闭环功率控制基准 T_c 之间的差值，以产生闭环增益调节值 G_c 。根据本发明的一个示例性实施方式，在这种特别的闭环模式期间，插值电路 164 使用与在转换期间计算出的插值因子相同的插值因子。这样，每当处理器 160 响应于功率控制命令而选择新的闭环功率控制基准时，插值电路将相同的插值因子应用于所选择的闭环功率控制基准。然而，应当理解，可以响应于新的功率控制命令而在闭环功率控制期间计算新的插值因子。

[0049] 以上讨论了针对在从开环功率控制转换到闭环功率控制时发生的不连续的解决方案。然而，如上所述，在从闭环功率控制转换到开环功率控制时也可能发生不连续。为了解决该问题，本发明还基于转换之后产生的开环增益调节值，来调节在从闭环功率控制转换到开环功率控制之前生成的闭环增益控制信号，如图 9 中的示例性过程 300 所示。在闭环操作过程中，处理器 160 将基于当前功率控制命令选择的开环功率控制基准加载到开环控制器 140 的延迟器 142 中。刚好在从闭环功率控制转换到开环功率控制之前，开环控制器 140 基于根据新的功率控制命令选择的当前开环功率控制基准与延迟器 142 中的先前的开环功率控制基准之间的差值产生开环增益调节值 G_o （块 310）。在转换期间，增益控制器 150 通过将开环增益调节值 G_o 应用于在从闭环功率控制切换到开环功率控制之前生成的闭环增益控制信号来生成新的开环增益控制信号（块 320）。在从闭环功率控制切换到开环功率控制之后，增益控制器 150 随后基于新的开环增益控制信号 A_c 来控制可变增益放大器 112 的增益（块 330）。

[0050] 用于执行图 9 的方法的开环控制器 140 可以包括延迟器 142 和组合器 144, 如图 10 所示。当从闭环功率控制切换到开环功率控制时, 组合器 144 基于逐步下降的功率控制命令, 从在查找表 162 中选择的新的开环功率控制基准中减去存储在延迟器 142 中的先前的开环功率控制基准。此外, 在计算出该差值之后, 开环控制器 140 将该新的开环功率控制基准存储在延迟器 142 中。

[0051] 在所述的示例性实施方式中, 开环功率控制基准包括数字化 VGA 值。这样, 由组合器 144 提供的差值就表示数字化 VGA 开环增益调节值 G_o 。根据一另选实施方式, 开环功率控制基准可以表示基准功率电平。根据该另选实施方式, 组合器 144 产生存储在延迟器 142 中的先前的功率电平和从查找表 162 中选择的新的开环功率控制基准功率电平之间的功率差。对于这种实施方式, 图 10 还将包括 VGA 转换器 (未示出), 用于将来自组合器 144 的功率差映射成数字化 VGA 值, 以产生数字化 VGA 开环增益调节值 G_o 。

[0052] 在从闭环功率控制切换到开环功率控制之后, 增益控制器 150 中的组合器 154 将开环增益调节值与存储在寄存器 156 中的先前的闭环增益控制信号进行组合, 以生成新的数字化开环增益控制信号。如果可变增益放大器 112 由模拟增益控制信号控制, 则可选的数模转换器 158 将该数字化开环增益控制信号转换成模拟增益控制信号, 并且将该模拟增益控制信号提供给放大器电路 110。

[0053] 在完成从闭环功率控制到开环功率控制的转换之后, 由于存储在延迟器 142 中的先前的开环功率控制基准与根据功率控制命令从查找表 162 中选择的新的开环功率控制基准之间的差值, 所以开环控制器 140 继续产生开环增益调节值。然而, 一旦转换完成, 增益控制器 150 就基于开环增益调节值 G_o 来调节存储在寄存器 156 中的开环增益控制信号。

[0054] 图 11A 和图 11B 对完全闭环功率控制的性能与完全开环功率控制的性能进行比较。如图 11A 中的虚线所示, 开环功率控制不能跟踪绝对功率妨碍了开环功率控制达到绝对功率要求。然而, 开环功率控制易于达到相对功率要求, 如图 11B 中的虚线所示。

[0055] 图 12A 和图 12B 对常规的不连续的开环 / 闭环功率控制和完全闭环功率控制进行比较。图 12A 示出了通过在输出功率电平达到或超过预定阈值时从开环切换到闭环, 常规的开环 / 闭环功率控制达到了绝对功率要求。然而, 如图 12B 中的虚线所示, 在时隙 24 附近从开环切换到闭环之后, 闭环功率控制自动地锁定到查找表功率, 而没有考虑切换之前测量到的输出功率。由于用于控制可变增益放大器 112 的增益的查找表的值基于功率控制命令 P_c , 所以查找表的值可以显著地不同于切换之前测量到的输出功率。结果, 切换前和切换后的功率差可能违反了相对功率阶跃的精度, 如图 12B 所示。

[0056] 本发明符合相对功率精度的要求, 如图 13A 和图 13B 所示。图 13A 和图 13B 示出了通过采用在从开环切换到闭环之前从查找表中选择的基准, 在从开环切换到闭环时, 保持了相对精度 (参见图 13B 中的虚线)。只有在所选择的闭环功率控制基准与最大查找表值相对应时, 才不能保持该精度。然而, 如上所述, 大多数的规范在逐步达到最小功率电平或最大功率电平时, 都不保持相对精度要求。因此, 这种情形不违反这些要求。

[0057] 与现有技术相比, 上述的本发明包括许多优点。首先, 本发明在较高功率处应用闭环功率控制, 而在较低功率处应用开环功率控制, 而不经现有技术所经受的转换不连续。其次, 本发明的实施使得可以采用具有有限动态范围的功率检测器, 并在超过指定的输出功率范围时仍然符合相对功率精度要求。此外, 由于本发明可以通过硬件、软件或硬件和软

件的组合来实施,因此本发明的实施是非常灵活的。此外,应当理解,本发明可以通过快速处理单元中的软件来实施,这提供了灵活的接口和实现方式。

[0058] 另外,由于功率控制电路 130 在数字域中实现,所以用于实现功率控制电路 130 的硬件不依赖于定制的模拟 ASIC(专用集成电路),因此,放开了对多种非定制的 ASIC 的选择。此外,由于数字硬件技术的发展,硬件可以在成本和功耗的改善方面受益。此外,数字实现可以比模拟实现提供更高的电流消耗,并且使得能够在将开环和闭环功率阶跃与和功率控制同步的其它控制信号进行组合方面具有灵活性。

[0059] 当然,在不脱离本发明的实质性特征的情况下,本发明可以按照在此具体阐明的方式之外的其它方式执行。现有的这些实施方式无论从哪方面来看均被认为是说明性的而非限制性的,并且本发明旨在涵盖落入所附权利要求的含意和等同物范围内的所有变化。

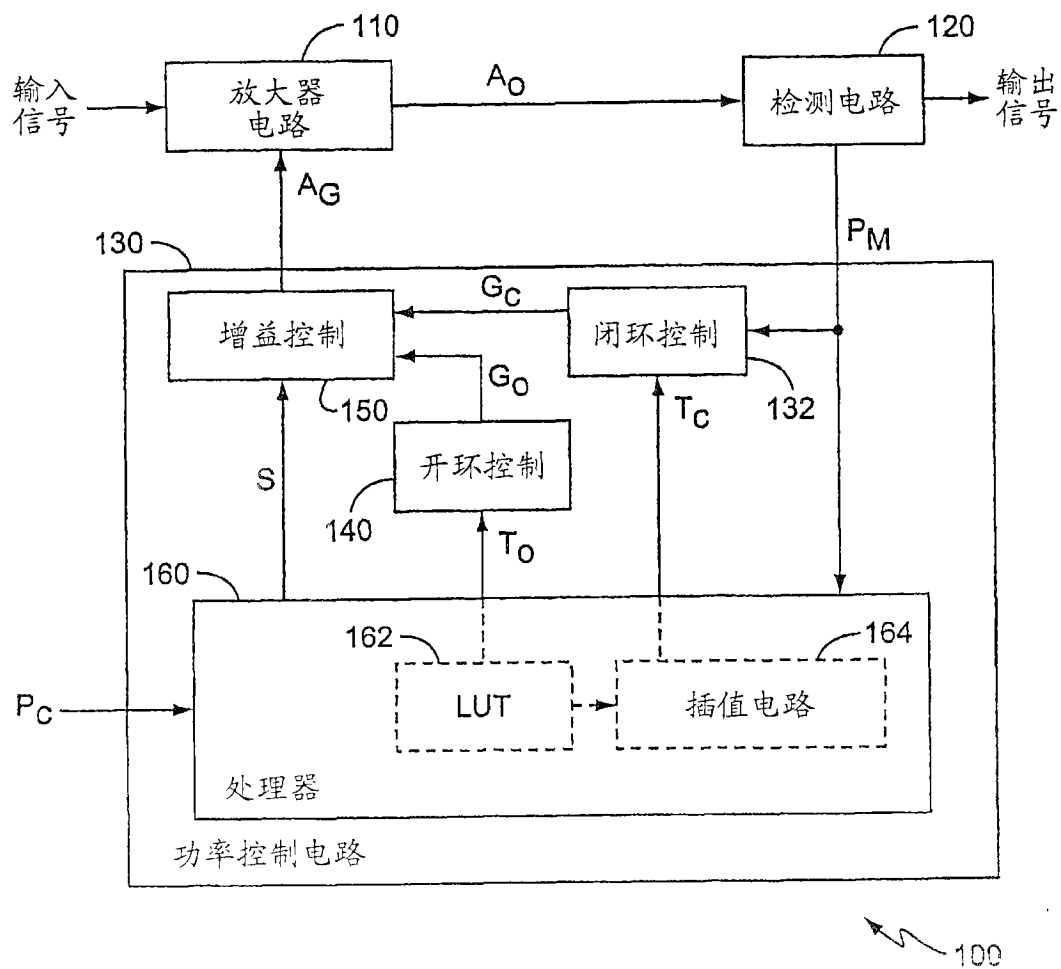


图 1

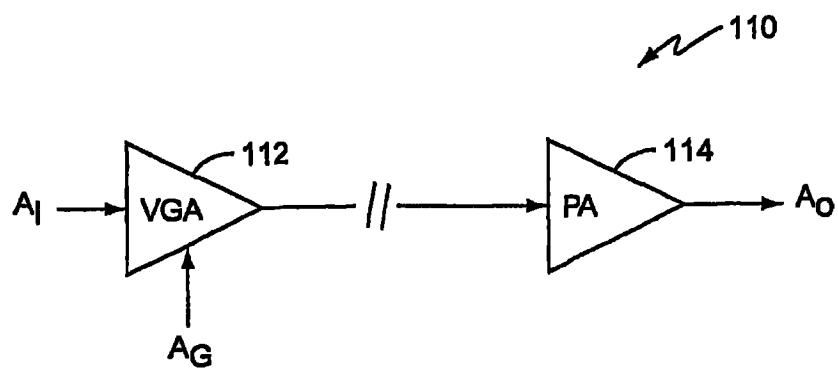


图 2

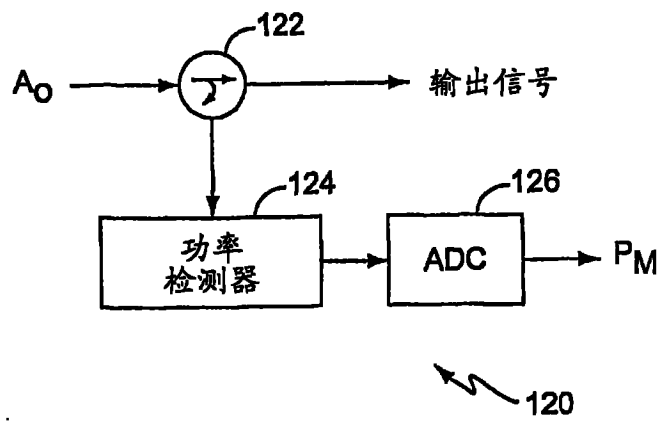


图 3

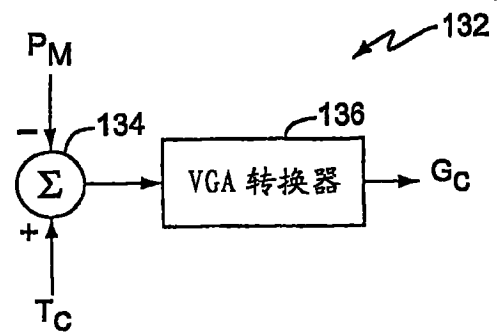


图 4A

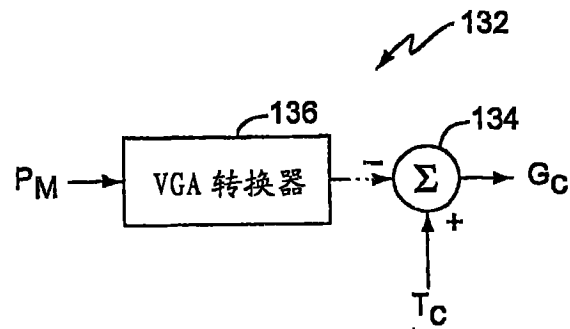


图 4B

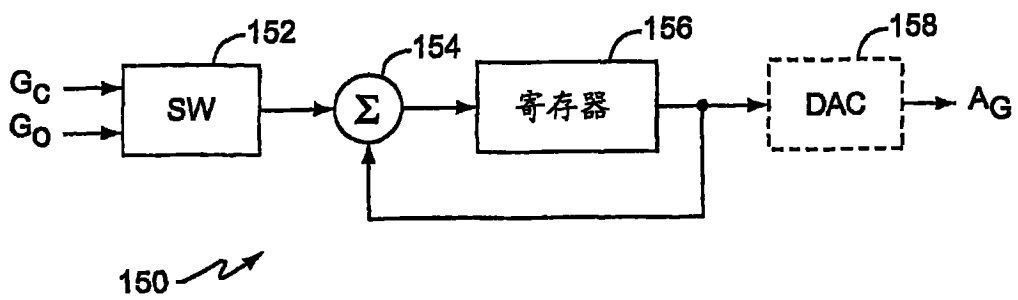


图 5

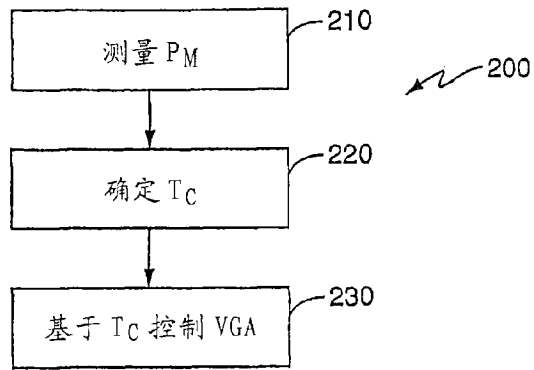


图 6

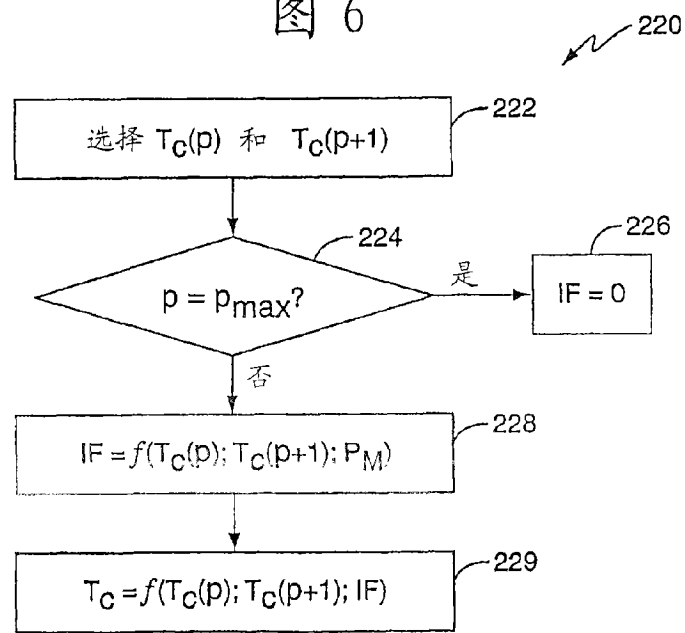


图 7

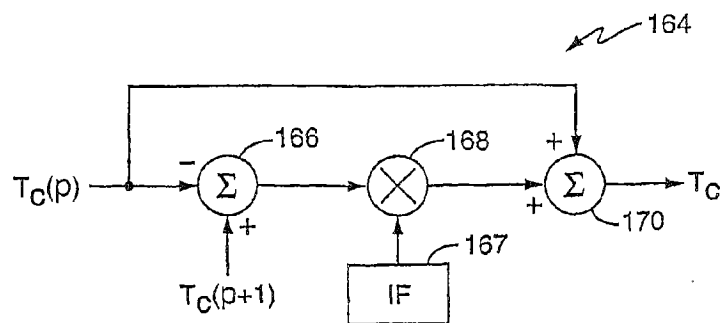


图 8

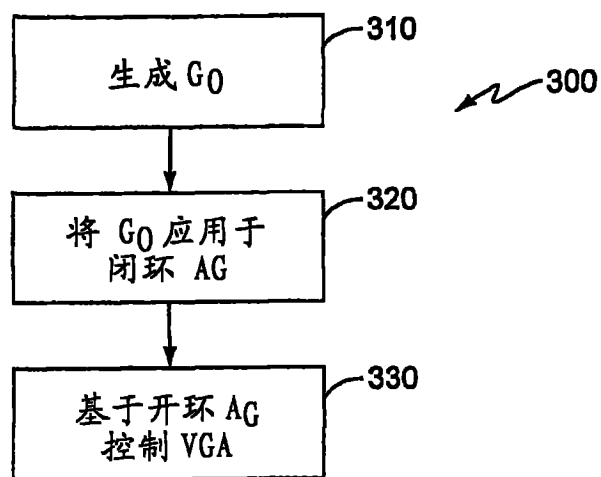


图 9

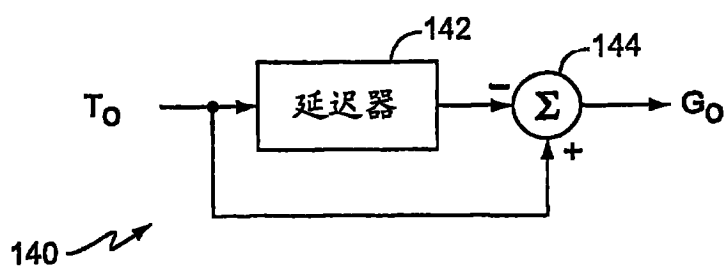


图 10

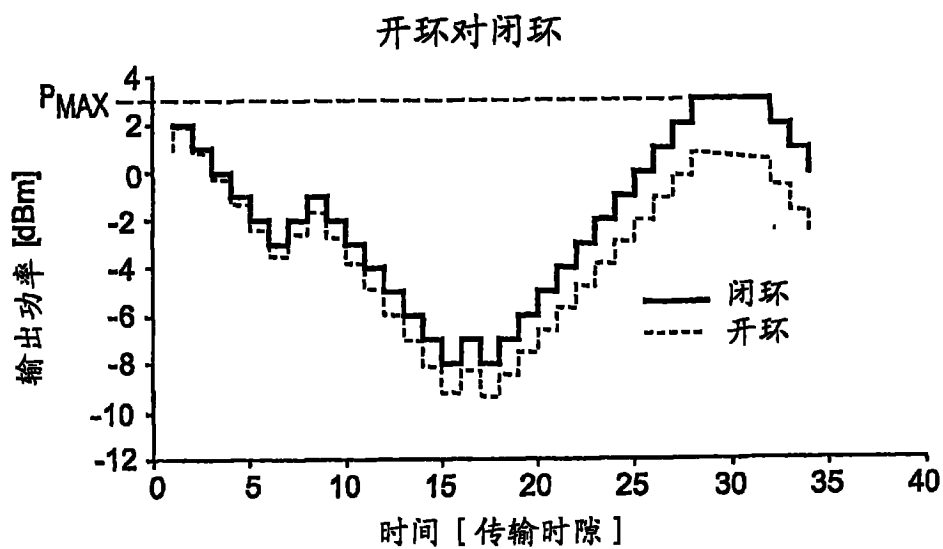


图 11A

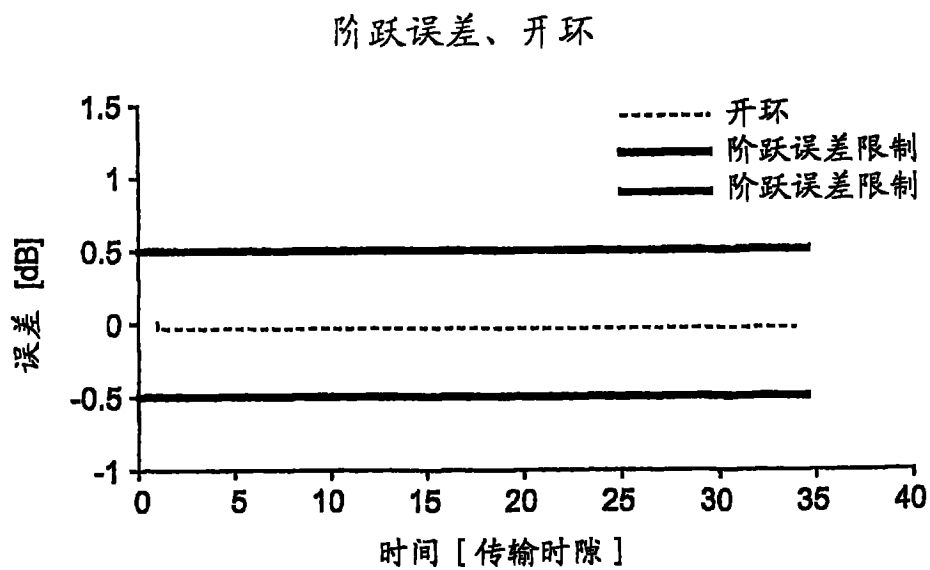


图 11B

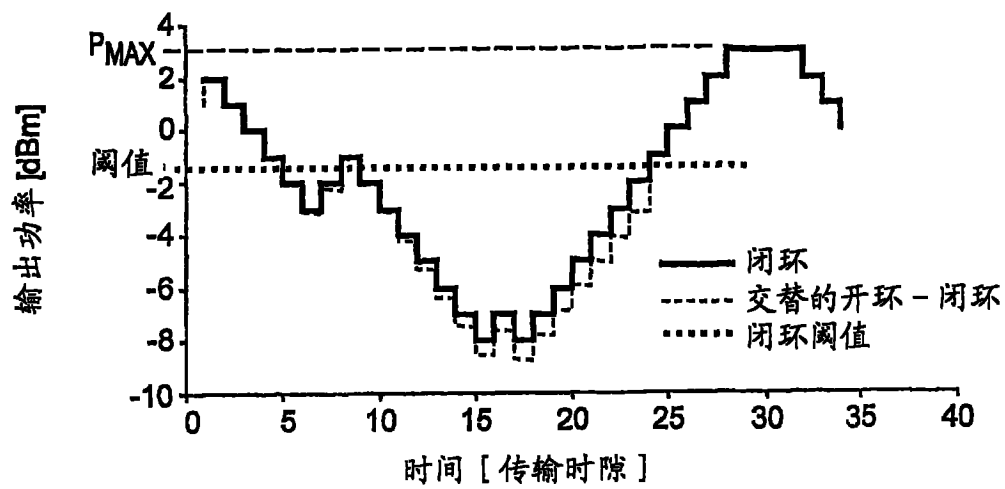
闭环对交替（不连续）的开环 $\leftrightarrow$ 闭环

图 12A

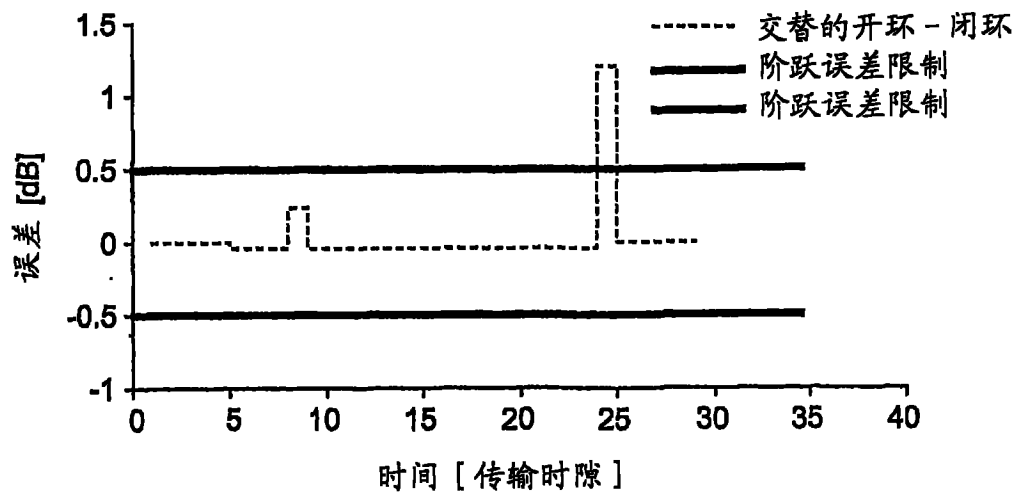
阶跃误差、交替的开环 $\leftrightarrow$ 闭环

图 12B

闭环对本发明

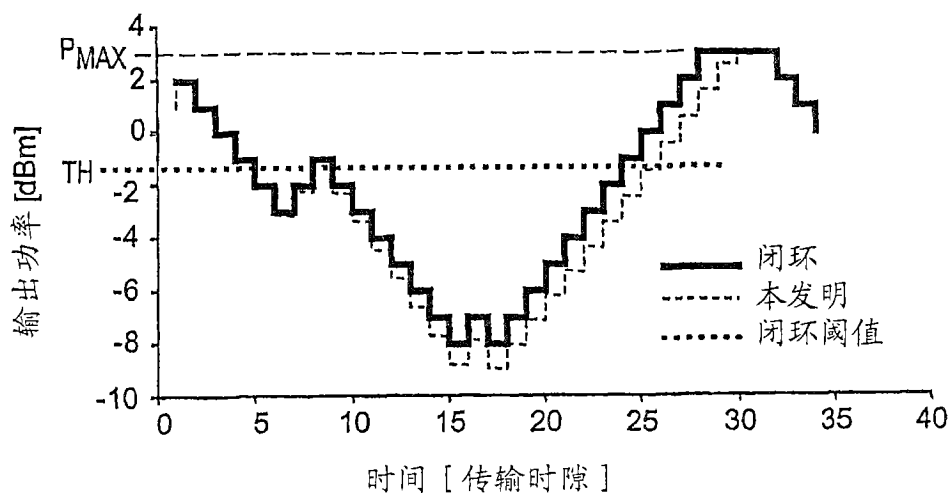


图 13A

阶跃误差

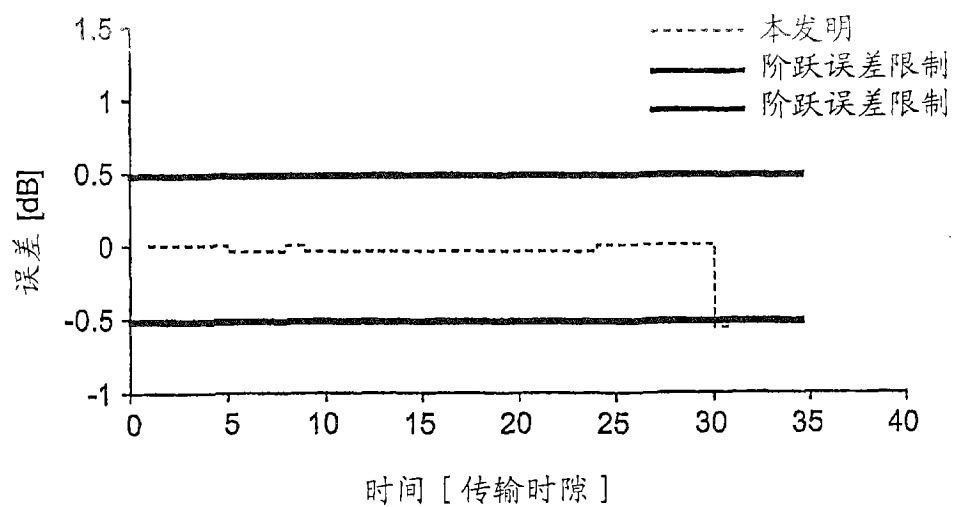


图 13B