



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104124928 B

(45)授权公告日 2017.08.01

(21)申请号 201310150358.8

(22)申请日 2013.04.26

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 104124928 A

(43)申请公布日 2014.10.29

(73)专利权人 瑞昱半导体股份有限公司
地址 中国台湾新竹市

(72)发明人 张元硕

(74)专利代理机构 隆天知识产权代理有限公司
72003

代理人 赵根喜 吕俊清

(51)Int.Cl.

H03F 3/20(2006.01)

(56)对比文件

CN 101626356 A,2010.01.13,
US 2009176464 A1,2009.07.09,
CN 102427336 A,2012.04.25,
CN 1389987 A,2003.01.08,
CN 102882478 A,2013.01.16,
US 2005104758 A1,2005.05.19,

审查员 钟容

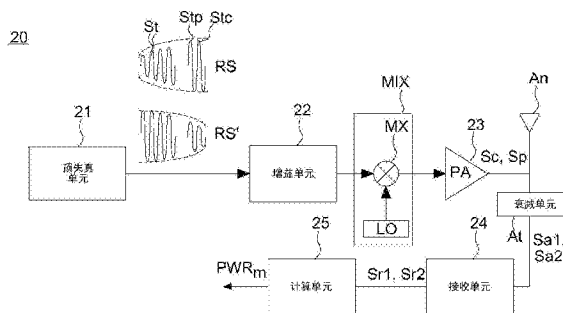
权利要求书3页 说明书9页 附图15页

(54)发明名称

自动增益调整装置与其方法

(57)摘要

本发明公开了一种自动增益调整装置与其方法。自动增益调整装置包含一预失真单元、一增益单元、一功率放大单元、一接收单元、以及一计算单元。预失真单元于校正模式产生多个测试信号,其中目前测试信号的功率与前一测试信号的功率相差一预设值。增益单元接收一目前测试信号与前一测试信号,且提供一实质上固定增益值以增益目前测试信号与前一测试信号。功率放大单元放大增益后的目前测试信号与增益后的前一测试信号,以产生一第一传送信号与一第二传送信号。接收单元接收第一传送信号与第二传送信号。计算单元,计算第一传送信号与第二传送信号的功率差值,比较该差值与该预设值,以判断该增益单元提供的实质上固定增益值是否让多个测试信号操作于功率放大单元的压缩区与线性区。



1. 一种自动增益调整装置,包含:

一预失真单元,于校正模式产生多个测试信号,其中目前测试信号的功率与前一测试信号的功率相差一预设值;

一增益单元,接收一目前测试信号与前一测试信号,且提供一实质上固定增益值以增益该目前测试信号与该前一测试信号;

一功率放大单元,放大增益后的该目前测试信号与增益后的前一测试信号,以产生一第一传送信号与一第二传送信号;

一接收单元,接收该第一传送信号与该第二传送信号,转换该第一传送信号与该第二传送信号至基频;以及

一计算单元,计算转换后的该第一传送信号与转换后的该第二传送信号的功率差值,比较该功率差值与该预设值以判断该增益单元提供的该实质上固定增益值是否让该多个测试信号操作于该功率放大单元的压缩区与线性区。

2. 如权利要求1所述的装置,其中该预失真单元包含:

一计算电路,计算功率放大单元的输入输出信号关系,产生一预失真数值;

一存储单元,接收该预失真数值产生一预失真数据表,利用预失真数据表调整功率放大单元的信号输出状态。

3. 如权利要求2所述的装置,其中该预失真单元还包含:

一温度感测器,感测自动增益调整装置的温度变化,产生一感测信号,并依据感测信号的数值提供对应的预失真信号。

4. 如权利要求1所述的装置,其中该接收单元包含:

一衰减单元,耦接该功率放大单元的输出并接收该第一传送信号及该第二传送信号;该衰减单元对该第一传送信号及该第二传送信号进行功率衰减的处理以得到理想功率范围内的一第一衰减信号及第二衰减信号;

该接收单元接收该第一衰减信号及第二衰减信号,并产生一第一接收信号及第二接收信号。

5. 如权利要求1所述的装置,其中该计算单元为一功率计,该功率计计算转换后的该第一传送信号与转换后的该第二传送信号的功率差值是否小于该预设值,若小于该预设值,则表示该目前测试信号进入该功率放大单元的饱和区,检视该目前测试信号为该多个测试信号中的第X测试信号,根据进入饱和区的该第X测试信号计算出一寄存器设定值,以该寄存器设定值对应的增益值作为该预失真单元进行预失真校正的实质上固定增益值,其中X为整数且小于无限大。

6. 如权利要求5所述的装置,其中当该差值小于一临界值时,表示该目前测试信号在该功率放大单元的输入功率进入该功率放大单元的饱和区起始点,其中该临界值小于该预设值且大于零分贝。

7. 如权利要求1所述的装置,其中该增益单元的增益值大小具有让该功率放大单元产生的功率进入饱和区的大小。

8. 如权利要求1所述的装置,其中操作于一运算放大器的该多个测试信号产生多个传送信号,且该计算单元为一功率增益扫描单元,该功率增益扫描单元计算该多个传送信号以产生该功率放大单元的多个功率增益值,依据该多个功率增益值与一预设增益压缩点的

增益临界值比较的差异,找出最接近该增益临界值的功率增益值,将最接近该增益临界值的功率增益值所对应的索引作为该增益单元的增益级寄存器的设定,以将该增益单元所产生的增益值作为该预失真单元进行预失真校正的实质上固定增益值。

9. 如权利要求8所述的装置,其中该预设增益压缩点位于该功率放大单元产生的功率的压缩区的一预设位置。

10. 如权利要求1所述的装置,其中该多个测试信号的振幅依序变大或变小。

11. 如权利要求1所述的装置,其中该功率放大单元通过一天线发射该第一传送信号与该第二传送信号。

12. 一种自动增益调整方法,包含:

提供一预失真单元依序传送多个测试信号,其中目前测试信号的功率与前一测试信号的功率相差一预设值;

提供一实质上固定增益值,增益该多个测试信号;

通过一功率放大单元放大增益后的目前测试信号与增益后的前一测试信号,以产生一射频的第一传送信号与一射频的第二传送信号;

转换该第一传送信号与该第二传送信号至基频;

计算转换后的第一传送信号与转换后的第二传送信号的功率差值,且判断该功率差值是否小于一临界值;以及

若该功率差值小于该临界值,检视该目前测试信号为该多个测试信号中的第X测试信号,根据进入饱和区的该第X测试信号计算出一寄存器设定值,以该寄存器设定值对应的增益值作为该预失真单元进行预失真校正的实质上固定增益值,其中X为整数且小于无限大,该临界值小于该预设值且大于零分贝。

13. 如权利要求12所述的方法,其中当该功率差值小于该临界值时,该目前测试信号于该功率放大单元的输入功率已进入或即将进入该功率放大单元饱和区。

14. 一种自动增益调整方法,包含:

设定一增益级的寄存器数值为该增益级的最大增益值;

提供一预失真单元依序传送多个测试信号,且通过一功率放大单元发射;

一功率增益扫描单元计算该多个测试信号通过该功率放大单元的多个功率增益值;以

及

比较步骤,比较在该功率放大单元的一压缩区部份的功率增益值与在该功率放大单元的一线性区部份的功率增益值,以得到该多个功率增益值在该压缩区的压缩状态,依据该压缩状态决定一增益级寄存器的设定作为该预失真单元进行预失真校正的增益级设定。

15. 如权利要求14所述的方法,其中该自动增益调整方法还包含:

若在所述比较步骤未得到适当的增益级设定,则重新设定更小的该增益级的寄存器数值为该增益级的最大增益值,并在重新设定的该增益级的寄存器数值下重复该自动增益调整方法。

16. 如权利要求14所述的方法,其中该比较步骤更包含:

设定一增益压缩目标值,以找出在该功率放大单元对应该增益压缩目标值的增益压缩点。

17. 如权利要求16所述的方法,其中该比较步骤更包含:

将该多个功率增益值转换为多个标准化的增益值。

18. 如权利要求17所述的方法,其中该比较步骤更包含:

计算每一该标准化的增益值与该增益压缩点的差值,以产生多个差值的绝对值。

19. 如权利要求18所述的方法,其中该比较步骤更包含:

在该多个差值的绝对值中找出最小值,以该最小值所对应的索引作为一增益索引。

20. 如权利要求19所述的方法,其中该比较步骤更包含:

设定该增益级寄存器的值等于增益索引,以将该增益级寄存器所产生的增益值作为该预失真单元进行预失真校正的增益值。

自动增益调整装置与其方法

技术领域

[0001] 本发明关于高速射频通信系统的功率放大器,特别是关于功率放大器的自动增益调整装置与其方法。

背景技术

[0002] 关于高速射频通信系统(high-speed radio communication system)中功率放大器(Power Amplifier,PA)的压缩区域(compression region)信号处理,其中,数字预失真技术(digital predistortion approach)可补偿功率放大器的线性度的状态且可节省成本,特别是在数字信号处理器的实施上(digital signal processors,DSPs)。预失真理论的原理,在功率放大器的放大处理中预先补偿传输信号一失真量。

[0003] 图1显示一预失真单元11与一功率放大器12的示意图。该图下方左侧图示A为预失真补偿所对应的输入功率与输出的关系图、中间图示B为功率放大器所对应输入功率与输出的关系图、右侧图示C为目标整体输入功率与输出的关系图。预失真单元11提供一预失真信号P至功率放大器12,以让信号经过如图式A与B的合并后能够达到如图式C的线性。

[0004] 功率放大器会依据输入信号的功率大小将信号操作于线性区(Linear region)、压缩区(compression region)、与饱和区(Saturation)。一旦输入信号的功率过大使得功率放大器操作在饱和区时,信号失真会非常严重,即使有预失真功能也无法补偿效能损失。因此,如何适当地将功率放大器的输入功率控制在压缩区与线性区,实为重要。

发明内容

[0005] 本发明的目的之一,在于提供一种可自动调整增益级的增益大小的装置与方法,其可将功率放大单元的输入功率自动调整至压缩区与线性区。

[0006] 本发明的另一目的,在于提供一种可自动调整增益级的增益大小的装置与方法,以帮助预失真单元在校正模式时决定增益级的增益大小。

[0007] 本发明的一实施例提供了一种自动增益调整装置。自动增益调整装置包含一预失真单元、一增益单元、一功率放大单元、一接收单元、以及一计算单元。预失真单元于校正模式产生多个测试信号,其中目前测试信号的功率与前一测试信号的功率相差一预设值。增益单元接收一目前测试信号与前一测试信号,且提供一实质上固定增益值以增益目前测试信号与前一测试信号。功率放大单元放大增益后的目前测试信号与增益后的前一测试信号,以产生一第一传送信号与一第二传送信号。接收单元接收第一传送信号与第二传送信号。计算单元,计算第一传送信号与第二传送信号的功率差值,比较该差值与该预设值,以判断该增益单元提供的实质上固定增益值是否让多个测试信号操作于功率放大单元的压缩区与线性区。

[0008] 本发明的另一实施例提供了一种自动增益调整方法,包含有下列步骤:首先,提供一预失真单元依序传送多个测试信号,其中目前测试信号的功率与前一测试信号的功率相差一预设值。提供一实质上固定增益值,增益多个测试信号,其中增益后的目前测试信号的

功率与增益后的前一测试信号的功率相差上述预设值。通过一功率放大单元放大该增益后的目前测试信号与增益后之前一测试信号,以产生一第一传送信号与一第二传送信号。计算第一传送信号与一第二传送信号功率的差值是否小于一临界值。接着,若差值小于临界值,则目前测试信号进入功率放大单元的饱和区,检视目前测试信号为多个测试信号中的第X测试信号,根据进入饱和区的第X测试信号计算出一寄存器设定值,以寄存器设定值对应的增益值作为预失真单元进行预失真校正的实质上固定增益值,其中X为整数且小于无限大,该临界值小于该预设值且大于零分贝。

[0009] 本发明的另一实施例提供了一种自动增益调整方法,包含有下列步骤:首先,设定一增益级的寄存器数值为增益级的最大增益值。提供一预失真单元依序传送多个测试信号,且通过一功率放大单元发射。一功率增益扫描单元计算多个测试信号通过功率放大单元的多个功率增益值。接着,比较在功率放大单元的一压缩区的部分该些功率增益值与在功率放大单元的一线性区的部分该些功率增益值,以得到多个功率增益值在压缩区的压缩状态,依据压缩状态决定一增益级寄存器的设定作为该预失真单元进行预失真校正的增益级设定。

[0010] 本发明实施例的自动增益调整装置与方法,可自动检测测试信号产生的接收功率或增益的状态,自动将增益级寄存器的数值设定在使基频信号经过增益单元与混波单元后的射频信号能操作于功率放大单元饱和区之前、或是功率放大单元压缩区任一位置,而达成自动调整增益。本发明可以有效地使用测试信号去观察射频功率放大单元的特性,通过自动调整增益单元的增益来控制进入射频功率放大单元的信号于线性区或压缩区中操作,进而使得预失真电路可以有效的补偿功率放大单元因其失真特性所造成系统效能损失。

附图说明

[0011] 图1显示一预失真单元与一功率放大单元的示意图。

[0012] 图2A为本发明一实施例的一种自动增益调整装置的示意图。

[0013] 图2B为本发明一实施例的预失真单元的示意图。

[0014] 图3A显示本发明一实施例的测试信号通过功率放大单元的输入功率与输出功率关系图。

[0015] 图3B显示本发明另一实施例的测试信号通过功率放大单元的输入功率与输出功率关系图。

[0016] 图3C显示本发明另一实施例的测试信号通过功率放大单元的输入功率与输出功率关系图。

[0017] 图4A显示本发明一实施例的自动增益调整装置的示意图。

[0018] 图4B显示本发明一实施例的自动增益调整装置设定增益级的寄存器的一示例的表格。

[0019] 图4C显示本发明一实施例的功率计的示意图。

[0020] 图4D显示本发明一实施例的自动增益调整方法的流程图。

[0021] 图5A显示本发明一实施例的自动增益调整装置的示意图。

[0022] 图5B显示图5A的自动增益调整装置的一示例的运作表格。

[0023] 图5C显示本发明一实施例的功率增益扫描单元的示意图。

- [0024] 图5D显示本发明另一实施例的自动增益调整方法的流程图。
- [0025] 图5E显示图5D的子步骤的流程图。
- [0026] 其中,附图标记说明如下:
- [0027] 20、40、60自动增益调整装置
- [0028] 11、21、41、51预失真单元
- [0029] 22、42、52增益单元
- [0030] GS增益级
- [0031] MIX混波电路
- [0032] MX混波单元
- [0033] L0本地振荡单元
- [0034] 12、23、43、53功率放大单元
- [0035] An天线
- [0036] 24、44、54接收单元
- [0037] 25计算单元
- [0038] At衰减单元
- [0039] D/A数字模拟转换器
- [0040] A/D模拟数字转换器
- [0041] LPF低通滤波器
- [0042] 45功率计
- [0043] 55功率增益扫描单元
- [0044] 21a计算单元
- [0045] 21b存储单元
- [0046] 21c感测单元

具体实施方式

[0047] 图2A显示本发明一实施例的一种自动增益调整装置的示意图。自动增益调整装置20包含有一预失真单元21、一增益单元22、一混波电路MIX、一功率放大单元23、一天线An、一衰减单元At、一接收单元24、以及一计算单元25。其中混波电路MIX包含有一混波单元MX与一本地振荡单元L0。在一实施例中,自动增益调整装置20设置于一模拟前端电路,该模拟前端电路依据数字信号处理器的控制传送信号。

[0048] 预失真单元21耦接功率放大单元23,检测功率放大单元23的输入与输出信号间的误差,补偿功率放大器23的失真。一实施例,如图2B上半部所示,预失真单元21包含有一计算电路21a、一温度感测单元21b、一存储单元21c。其中温度感测单元21b可依据需求设置或省略。计算电路21a计算功率放大器23的输入输出信号关系,产生一预失真数值。存储单元21c接收预失真数值产生一预失真数据表,利用预失真数据表调整模拟前端电路的功率放大器23的信号输出状态。当设有温度感测器时,温度感测器感测模拟前端电路的温度变化,产生一感测信号,并依据感测信号的数值提供对应的预失真信号。依此方式,预失真单元21可预先得知功率放大单元23的信号输出与输入之间的误差状态,进而提供数字信号处理器(未图示)该误差状态,而达成调整功率放大单元23线性度的功效。

[0049] 举例而言,预失真单元21检测出的预失真信号如图2B下半部左边的预失真波形PR1所示。而功率放大单元23的失真的传送信号波形ER如图2B下半部中间所示。本发明实施例中,数字信号处理器依据预失真信号PR1补偿功率放大器23失真的传送信号波形 $ER-ER*PR1$,则可得到如图2B下半部右边呈现线性度较佳的输出信号波形O,以提高功率放大单元23输出的线性度。

[0050] 于自动增益调整装置20进行自动增益运作时,预失真单元21提供多个测试信号St给增益单元22。一实施例,该多个测试信号St至少包含有一目前测试信号(Current Testing Signal)Stc及一前一测试信号(Previous Testing Signal)Stp,其中,目前测试信号Stc的功率与前一测试信号Stp的功率相差一第一预设值,该多个测试信号St形成图式中的复合测试信号RS(或反向复合测试信号RS',反向复合测试信号RS'为复合测试信号RS的反向信号)。

[0051] 在一实施例中,复合测试信号RS包含有多个测试信号St(例如正弦波信号),每一正弦波信号的振幅依周期变大;反向复合测试信号RS'包含有多个测试信号St(例如正弦波信号),每一正弦波信号的振幅依序变小,亦即目前测试信号Stc与前一测试信号Stp间的功率差该预设值。

[0052] 增益单元22接收目前测试信号Stc与前一测试信号Stp,且提供一实质上固定的增益值以增益目前测试信号Stc与前一测试信号Stp。

[0053] 混波单元MX将增益后的目前测试信号Stc与增益后之前一测试信号Stp混和本地振荡单元LO的信号,将增益后的目前测试信号Stc与增益后之前一测试信号Stp由基频信号(Baseband signal)分别转换为第一及第二射频信号(Radio frequency signal)。

[0054] 功率放大单元23接收第一及第二射频信号,放大第一及第二射频信号,以产生一第一传送信号Sc与一第二传送信号Sp,且通过一天线An发射出去。

[0055] 衰减单元At耦接该功率放大单元23的输出以及该接收单元24并接收第一传送信号Sc与第二传送信号Sp。衰减单元At并对该第一及第二传送信号Sc、Sp进行功率衰减的处理以得到理想功率范围内的一第一及第二衰减信号Sa1、Sa2。

[0056] 接收单元24耦接该衰减单元At以接收该第一及第二衰减信号Sa1、Sa2,并产生一第一及第二接收信号。

[0057] 计算单元25耦接该接收单元24,接收该第一及第二接收信号Sr1、Sr2并分别量测及计算第一传送信号Sc与第二传送信号Sp的功率,得到第一功率 PWR_m 与第二功率 PWR_{m-1} ,又计算第一功率 PWR_m 与第二功率 PWR_{m-1} 间的差值,比较该差值与上述第一预设值以判断增益单元22提供的实质上固定的增益值是否使上述多个测试信号St操作于功率放大单元23的压缩区与线性区。

[0058] 需注意,当测试信号通过增益单元22与混波单元MX时,在功率放大单元23输入端的功率(decibel (dB))等于测试信号St的功率加上增益单元22提供实质上固定增益的功率。假设混波单元MX在将增益后测试信号St转换为射频信号过程不提供功率,则可知道测试信号St的在功率放大单元23输入端的功率主要是根据增益单元22所提供的增益而定。

[0059] 请参考图3A、3B、3C。图3A中,每一测试信号St经过增益后只通过功率放大单元23功率的线性区。于此区域,仅能观察到功率放大单元23在线性区的输入功率与输出功率的关系,无法得知功率放大单元23在压缩区输入功率与输出功率的关系。将信号操作在线性

区时因为信号无失真,因此不需利用预失真单元21补偿失真;图3C中,每一测试信号 S_t 只通过功率放大单元23功率的饱和区。于此区域,因功率放大单元23进入饱和区操作,使得预失真单元21无法进行有效补偿。而图3B中,测试信号 S_t 通过功率放大单元23功率的线性区与压缩区,可让电路知悉压缩区的特性利用预失真单元21进行补偿。因此,本发明自动增益调整装置20的目的之一利用测试信号 S_t 观察功率放大单元23在线性区与压缩区的输入功率与输出功率的关系,进而利用到压缩区的资源。

[0060] 一实施例,在线性区时,假设本发明实施例的计算单元25计算第一功率 PWR_m 与第二功率 PWR_{m-1} 的差值等于一分贝(db,decibel)。而到压缩区时,第一功率 PWR_m 与第二功率 PWR_{m-1} 的差值会逐渐变小,直到饱和区差值变为零分贝。因此,以此例来说,将一预设值设定在如设定在零到一分贝之间—即压缩区的任一位置,以让每一测试信号 S_t 通过功率放大单元23所产生的功率均落于线性区与压缩区,即可将增益单元22的增益值适当设定,让预失真单元21也能够校正压缩区部分的失真,补偿压缩区的功率损失,如此当功率放大器23的压缩区也能被用来正确放大与传送信号时,可利用的功率范围增加,即可达成节省成本的功效。

[0061] 需注意,上述功率差值一分贝仅为示例,本发明不限于此,另一实施例中可任意选用其他数值。

[0062] 一实施例,可将上述预设值设定在最靠近饱和区的压缩区位置,达到最大的压缩区利用率。图4A显示本发明一实施例的自动增益调整装置40的示意图。自动增益调整装置40用以决定数字预失真校正的增益设定大小。

[0063] 自动增益调整装置40包含有一预失真单元41、一增益单元42、一混波电路MIX、一功率放大单元43、一天线 A_n 、一接收单元44、一功率计(Power meter)45。

[0064] 增益单元42包含有一对数字模拟转换器D/A、一对低通滤波器LPF、以及一对增益级GS。混波电路MIX包含有一对混波单元MX、一本地振荡单元LO、及一加法器Ad。接收单元44包含有一衰减单元(At tenuator)At、一对混波单元MX、一本地振荡单元LO、一对低通滤波器LPF、一对模拟数字转换器A/D。

[0065] 于运作时,自动增益调整装置40可利用如图4B的示例,设定增益级GS的寄存器(Register)(未图示)来控制增益级GS的增益大小。假设增益级GS在理想的状态,且其基频信号增益后的最大值可达到功率放大单元43的饱和区。该图的实施例中,设有十六个不同的设定值,每一设定值对应一增益值,且增益值之间依序相差一分贝。需注意,此处的十六个增益值仅为示例,本发明不限于此,另一实施例中亦可为其他数目的增益值。

[0066] 请参考图4D,该图为本发明一实施例的自动增益调整方法的流程图。

[0067] 步骤S402:开始。

[0068] 步骤S404:自动增益调整装置40设定增益级GS的寄存器数值为15($b'1111$),本实施例中寄存器数值可设为最大值15($b'1111$),此方式可以让功率放大单元43的输出功率最接近饱和区。接着,设定 $m=0$, m 为第 m 个正弦波信号。

[0069] 步骤S406:自动增益调整装置40运作时,预失真单元41传送一包含有复合的十六个测试信号 S_t (本实施例为正弦波(Complex sine wave)信号)的复合测试信号 $RS=A_m*\exp(j*2*\pi*f*n)$ 通过增益单元42、混波电路MIX、与功率放大单元43。因此,会有十六个具有不同功率大小的正弦波信号通过功率放大单元43。其中, $m=m+1$,且由于假设正弦波信号有十

六个因此可假设 $m=0,1,\dots,15$ 、 $\exp()$ 为指数方程式(is the exponential function)、而 $\exp(j*2*\pi*f*n)$ 分别代表正弦波同相(in-phase)与正交(quadrature)的两个信号 $\exp(j*2*\pi*f*n) = \cos(2*\pi*f*n) + j*\sin(2*\pi*f*n)$ 。其中,十六个正弦波逐阶(step)提高一分贝的功率。需注意,此处的十六个正弦波仅为示例,本发明不限于此,另一实施例中测试信号 S_t 可为其他种类的波形,且测试信号 S_t 的数目可依据需求任意设定。

[0070] 预失真单元41依序传送此十六个正弦波信号,通过增益单元42的数字模拟转换器D/A、低通滤波器LPF、以及增益级GS。增益级GS依据寄存器设定的实质上固定的增益数值,例如上述15(b' 1111),增益此十六个正弦波信号。接着混波电路MIX的混波单元MX、本地振荡单元LO将基频的正弦波信号转换为射频信号后,利用加法器Ad相加,以提供至功率放大单元43放大产生传送信号后由天线An输出。

[0071] 之后,十六个正弦波信号形成的传送信号经由衰减单元At依序由接收单元44与功率计45组成的回送路径(loopback path)接收。十六个正弦波信号形成的传送信号经由衰减单元At、混波单元MX、本地振荡单元LO处理后转换为基频信号。再由低通滤波器LPF、模拟数字转换器A/D处理后转换为同相(in-phase)与正交(quadrature)的数字信号 $RI_m(n)$ 与 $RQ_m(n)$ 。

[0072] 步骤S408:自动增益调整装置40的功率计45计算目前正弦波信号的第一功率 PWR_m 与前一正弦波信号的第二功率 PWR_{m-1} 。

[0073] 步骤S410:自动增益调整装置40的功率计45计算第一功率 PWR_m 与第二功率 PWR_{m-1} 的差值。功率计45计算接收到的十六个正弦波信号 $RI_m(n)$ 与 $RQ_m(n)$ 产生的十六个功率 PWR_m ,可描绘出如图3A~3C的功率关系图。以图3C为例说明,当该些正弦波信号通过功率放大单元43功率的线性区时,每一个正弦波信号产生的功率 PWR_m 会逐阶增加一分贝的功率;通过压缩区时,正弦波信号产生的接收功率 PWR_m 的差值会由1逐阶往0减小;而通过饱和区时,接收功率 PWR_m 的大小相等所以差值等于0。再者,上述一分贝仅为示例,本发明不限于此,另一实施例中可任意选用其他数值。

[0074] 如图4C所示,显示本发明功率计45的一实施例,功率计45包含有一乘法器45a、一第一计算单元45b、一第二计算单元45c。功率计45接收测试信号RS,如图4A所示,接收测试信号RS为实数信号 $RI_m(n)$ 与虚数信号 $RQ_m(n)$ 的组合,即等于 $RI_m(n) + j*RQ_m(n)$ 。

[0075] 接着,乘法器45a将信号 $RI_m(n) + j*RQ_m(n)$ 乘以 $\cos(2*\pi*f*n) - j*\sin(2*\pi*f*n)$,以产生信号 $C_m(n) + j*D_m(n)$ 。由于信号 $RI_m(n) + j*RQ_m(n)$ 可转换为指数表示后等于 $A_mB*\exp(j*(2*\pi*f*n + \Phi))$,其中B和 Φ 分别表示由预失真单元送出的弦波 $A_m*\exp(j*2*\pi*f*t)$ 经过一增益单元42、一混波电路MIX、一功率放大单元43与一接收单元44所产生的增益与相位差。而 $\cos(2*\pi*f*n) - j*\sin(2*\pi*f*n)$ 转换指数表式等于 $\exp(-j*2*\pi*f*n)$,因此 $A_mB*\exp(j*(2*\pi*f*n + \Phi))$ 与 $\exp(-j*2*\pi*f*n)$ 相乘之后可得到 $A_mB*\exp(j*\Phi)$,而 $A_mB*\exp(j*\Phi)$ 转换至复数等于 $C_m(n) + j*D_m(n)$ 。而第一计算器45b加总 $C_m(n) + j*D_m(n)$ 以产生 $E_m + j*F_m$ 。第二计算器45c将 $E_m + j*F_m$ 乘上 $E_m - j*F_m$ 而得到功率值 $PWR_m = E_m*E_m + F_m*F_m$ 。

[0076] 步骤S412:判断计算目前正弦波信号的第一功率 PWR_m 与前一正弦波信号的第二功率 PWR_{m-1} 的差值是否小于一临界值TH,即方程式: $(PWR_m - PWR_{m-1}) < TH$,或判断是否 $m > N$,其中m为第m个正弦波信号、N为全部正弦波的数。如此,可作为判断正弦波信号是否进入(或即将进入)饱和区、或是否全部的正弦波信号以传送完毕。若是,进入步骤S514。若否,进入步骤

S506,继续传送下一个(m+1)正弦波。需注意,一实施例中,临界值TH可设定为小于该预设值且大于零分贝,预设值可为上述示例的一分贝或其他数值,且若要最大化使用压缩区则可尽量将临界值TH设定越接近零分贝。

[0077] 步骤S414:设定增益级GS的寄存器值等于 $15(b'1111) - (N-m)$ 。当知道第m个正弦波信号产生的接收功率进入(或即将进入)功率放大单元43的饱和区时,自动增益调整装置40设定增益级GS寄存器的值等于 $15 - (N-m)$ 。举例而言,假设在第十五个正弦波信号时,功率放大单元43的输出功率进入饱和区,则 $m=15$ 。因为第十五个正弦波信号经过增益级GS($b'1111$)增益后进入功率放大单元43被操作在饱和区。所以正弦波信号的总数为十六, $N=16$,则第十五和第十六个正弦波信号在增益级GS= $b'1111$ 的增益设定下就会进入功率放大单元43的饱和区操作。所以可将增益级GS调整为 $b'1110$ 即 $(b'1111 - (N-m)) = 15 - (16-15) = 14 = b'1110$,于此示例中14即为最适当的设定。因此增益级GS最后会被选择设定在 $b'1110$ 。

[0078] 步骤S416:结束。

[0079] 需注意,若在增益级GS的寄存器 $15(b'1111)$ 的设定下找不到合适的m值,可重新设定减小为其他寄存器 $14(b'1110)$ 的值,并重复步骤S402~S416,以找到符合功率放大器43的最适当设定值。

[0080] 依此方式,自动增益调整装置40可自动检测测试信号 S_t 产生的功率PWR的状态,自动将增益级GS寄存器的数值设定在功率放大单元43饱和区之前、或是功率放大单元43压缩区任一位置,而达成自动调整增益,可将信号增益后的功率控制在线性区与压缩区之间,有效地利用功率放大单元43的压缩区资源。

[0081] 图5A显示本发明一实施例的自动增益调整装置50的示意图。自动增益调整装置50用以决定数字预失真校正的增益设定大小。

[0082] 自动增益调整装置50包含有一预失真单元51、一增益单元52、一混波电路MIX、一功率放大单元53、一天线 A_n 、一接收单元54、一功率增益扫描单元(PA Scan)55。增益单元52包含有一对数字模拟转换器D/A、一对低通滤波器LPF、以及一对增益级GS。混波电路MIX包含有一对混波单元MX、一本地振荡单元LO、及一加法器Ad。接收单元54包含有一衰减单元(Attenuator)At、一对混波单元MX、一本地振荡单元LO、一对低通滤波器LPF、一对模拟数字转换器A/D。其中,预失真单元51、一增益单元52、一混波电路MIX、一功率放大单元53、一天线 A_n 、一接收单元54的架构、运作方式与图4A的预失真单元41、增益单元42、混波电路MIX、功率放大单元43、天线 A_n 、接收单元44大致相同。

[0083] 于运作时,自动增益调整装置50可利用如图4B的示例,设定增益级GS的寄存器(未图示)而控制增益级GS的增益值。假设增益级GS在理想的状态,且其基频信号增益后的最大值可达到功率放大单元53的饱和区。

[0084] 请参考图5D,该图为本发明另一实施例的自动增益调整方法的流程图。

[0085] 步骤S502:开始。

[0086] 步骤S504:自动增益调整装置50设定增益级GS的寄存器数值为 $15(b'1111)$,本实施例中寄存器数值可设为最大值 $15(b'1111)$,此方式可以让功率放大单元53的输出功率最接近饱和区。接着,设定 $m=0$,m为第m个正弦波信号。

[0087] 步骤S506:于自动增益调整装置运作时,预失真单元51传送一包含有复合的十六个测试信号 S_t (本实施例为正弦波(Complex sine wave)信号的复合测试信号 $RS = A_m * \exp$

$(j*2*pi*f*n)$ 通过增益单元52、混波电路MIX、与功率放大单元53。因此,会有十六个具有不同功率大小的正弦波信号通过功率放大单元53。其中 $m=m+1$,且由于假设正弦波信号有十六个,因此可假设 $m=0,1,\dots,15$ 、 $\exp()$ 为指数方程式(is the exponential function)、而 $\exp(j*2*pi*f*n)$ 分别代表正弦波同相(in-phase)与正交(quadrature)的两个信号 $\exp(j*2*pi*f*n) = \cos(2*pi*f*n) + j*\sin(2*pi*f*n)$ 。其中,十六个正弦波系逐阶(step)提高一分贝的功率。需注意,此处的十六个正弦波仅为示例,本发明不限于此,另一实施例中测试信号 S_t 可为其他种类的波形,且测试信号 S_t 的数目可依据需求任意设定。再者,上述一分贝仅为示例,本发明不限于此,另一实施例中可任意选用其他数值。

[0088] 预失真单元51依序传送此十六个正弦波信号,通过增益单元52的数字模拟转换器D/A、低通滤波器LPF、以及增益级GS。增益级GS依据寄存器设定的数值,例如15(b' 1111),增益此十六个正弦波信号。接着混波电路MIX的混波单元MX、本地振荡单元LO将正弦波信号转换为射频信号后,利用加法器Ad相加以提供至功率放大单元53放大产生传送信号后由天线 A_n 输出。

[0089] 之后,十六个正弦波信号形成的传送信号经由衰减单元 A_t 依序由接收单元54与功率增益扫描单元55组成的回送路径(loopback path)接收。射十六个正弦波信号形成的传送信号经由衰减单元 A_t 、混波单元MX、本地振荡单元LO处理后转换为基频信号。再由低通滤波器LPF、模拟数字转换器A/D处理后转换为同相(in-phase)与正交(quadrature)的数字信号 $RI_m(n)$ 与 $RQ_m(n)$ 。

[0090] 步骤S608:功率增益扫描单元55计算十六个正弦波信号通过回送路径的增益值 $Gain_m$ 。其中,当该些正弦波信号通过功率放大单元53的线性区时,增益 $Gain_m$ 应为实质上固定的数值(constant);当该些正弦波信号通过功率放大单元53的压缩区时,增益值 $Gain_m$ 会小于通过线性区形成的增益大小。

[0091] 如图5C所示,显示本发明功率增益扫描单元55的一实施例,功率增益扫描单元55包含有一第一乘法器55a、一第一计算单元55b、一第二乘法器55c、一第二计算单元55d。

[0092] 功率增益扫描单元55接收测试信号RS,如图5A所示,接收到的测试信号 S_t 为实数信号 $RI_m(n)$ 与虚数信号 $RQ_m(n)$ 的组合,即等于 $RI_m(n) + j*RQ_m(n)$ 。

[0093] 第一乘法器55a将接收到的测试信号 $RI_m(n) + j*RQ_m(n)$ 乘以 $\cos(2*pi*f*n) - j*\sin(2*pi*f*n)$,以产生信号 $C_m(n) + j*D_m(n)$ 。由于信号 $RI_m(n) + j*RQ_m(n)$ 可转换为指数表示后等于 $A_mB*\exp(j*(2*pi*f*n+Phi))$,其中B和Phi分别表示由预失真单元51送出的弦波 $A_m*\exp(j*2*pi*f*t)$ 经过一增益单元52、一混波电路MIX、一功率放大单元53与一接收单元54所产生的增益与相位差。而 $\cos(2*pi*f*n) - j*\sin(2*pi*f*n)$ 转换指数表式等于 $\exp(-j*2*pi*f*n)$,因此 $A_mB*\exp(j*(2*pi*f*n+Phi))$ 与 $\exp(-j*2*pi*f*n)$ 相乘之后可得到 $A_mB*\exp(j*Phi)$,而 $A_mB*\exp(j*Phi)$ 转换至复数等于 $C_m(n) + j*D_m(n)$ 。而第一计算器55b加总 $C_m(n) + j*D_m(n)$ 以产生 $E_m + j*F_m$ 。因此,信号 $E_m + j*F_m$ 可表示为 $E_m + j*F_m = B*A_m*\exp(j*(2*pi*f*n+phi))*\exp(-j*2*pi*f*n) = B*A_m*\exp(j*phi)$ 。第二乘法器55c将信号 $B*A_m*\exp(j*phi)$ 除以 A_m ,即 $B*A_m*\exp(j*Phi)/A_m = B*\exp(j*Phi) = G_m + j*H_m$ 。第二计算器45d将 $G_m + j*H_m$ 乘上 $G_m - j*H_m$ 而得到射频功率放大单元53的功率增益值 $Gain_m = G_m*G_m + H_m*H_m$ 。

[0094] 步骤S510:判断目前传送的正弦波信号是否均传送完毕,若是 $m>N$,进入步骤S512;其中 m 为第 m 个正弦波信号、 N 为正弦波信号的总数目。若否,进入步骤S606,继续传送下一个

(m+1) 正弦波。

[0095] 步骤S512:比较在压缩区的增益值与在线性区的增益值以了解增益在压缩区的压缩状态。如图5E所示,步骤S512包含有下列子步骤S5121、S5122、S5123、S5124及S5125:

[0096] 子步骤S5121:设定一增益压缩目标值,例如3分贝(3db),找出在功率放大单元53的3分贝对应的增益压缩点。需注意,此处的3分贝仅为示例,本发明不限于此,本发明可任意选用其他数值。

[0097] 子步骤S5122:将每一增益值 $Gain_m$ 转换为标准化的增益值(Normalize gain) $Norm_Gain_m = ((Gain_m/Gain_0) * const)$ 。以图5B的表格为例,假设正弦波信号 $A_m * \exp(j * 2 * \pi * f * n)$ 通过功率放大单元的线性区域的增益值即const设为512,以找出标准化的增益值(Normalize gain) $Norm_Gain_m$ 。如增益值 $m=0$,其信号 $G_0=86$ 、 $H_0=23$,将 G_0 与 H_0 分别平方后相加,得到增益值 $Gain_0=8485$,再将数值8485标准化 $(Gain_0=8485/Gain_0=8485) * (const=512) = 512$;而如增益值 $m=1$,其信号 $G_1=80$ 、 $H_1=22$,将 G_1 与 H_1 分别平方后相加,得到增益值 $Gain_1=7424$,再将数值7424标准化 $(Gain_1=7424/Gain_0=8485) * (const=512) = 448$;其余依此类推。

[0098] 子步骤S5123:计算每一标准化增益值与增益压缩点的差值 L_m , $L_m = \text{abs}(Norm_Gain_m - \text{threshold})$,由于常数const设为512、且 $10 * \log_{10}(256/512) = -3\text{dB}$,因此3分贝的增益压缩点—即增益临界值(threshold)等于256。例如将 $Norm_Gain_m=453$ 减256再取绝对值,可得到197,其余依此方式计算后可得到如图5B所示的全部差值 L_m 。

[0099] 子步骤S5124:比较所有的 $Norm_Gain_m$ 与增益压缩点256,并且找出增益索引 $Gain_idx = \arg\{\min(L_1, L_2, \dots, L_N)\}$,即在全部差值 $L_1 \sim L_N$ 中找出最小值,也就是最接近增益压缩点256的 $Norm_Gain_m$ 。于该图中 $Norm_Gain_m=278$ 与256相差22—即 $L_8=22$ 为最接近增益压缩目标值,因此本例中增益索引 $Gain_idx$ 等于8。

[0100] 子步骤S5125:设定寄存器的值等于增益索引的值,以作为数字预失真的校正增益值。本例中系将增益索引 $Gain_idx=8$ 设定为增益寄存器数值为8(b'1000)。

[0101] 步骤S514:结束。

[0102] 需注意,上述增益压缩目标值、功率放大单元的增益压缩点与线性区的增益值大小仅为示例,本发明不限于此,另一实施例中可以据需求任意调整。

[0103] 依此方式,自动增益调整装置60可以将线性区的功率增益值作为基准,依据欲取得的压缩大小设定压缩点,并在十六个正弦波信号所计算出的功率增益值 $Gain_m$ 中找出最接近压缩点的功率增益值 $Gain_m$,且将寄存器的数值设为该功率增益值 $Gain_m$ 对应的数值 m (第 m 个正弦波信号),即可将信号经增益后的功率控制在线性区与压缩区之间,达成自动调整增益的功效。

[0104] 以上虽以实施例说明本发明,但并不因此限定本发明的权利要求范围,只要不脱离本发明的要旨,该行业者所进行的各种变形或变更,皆落入本发明的申请专利权利要求范围。

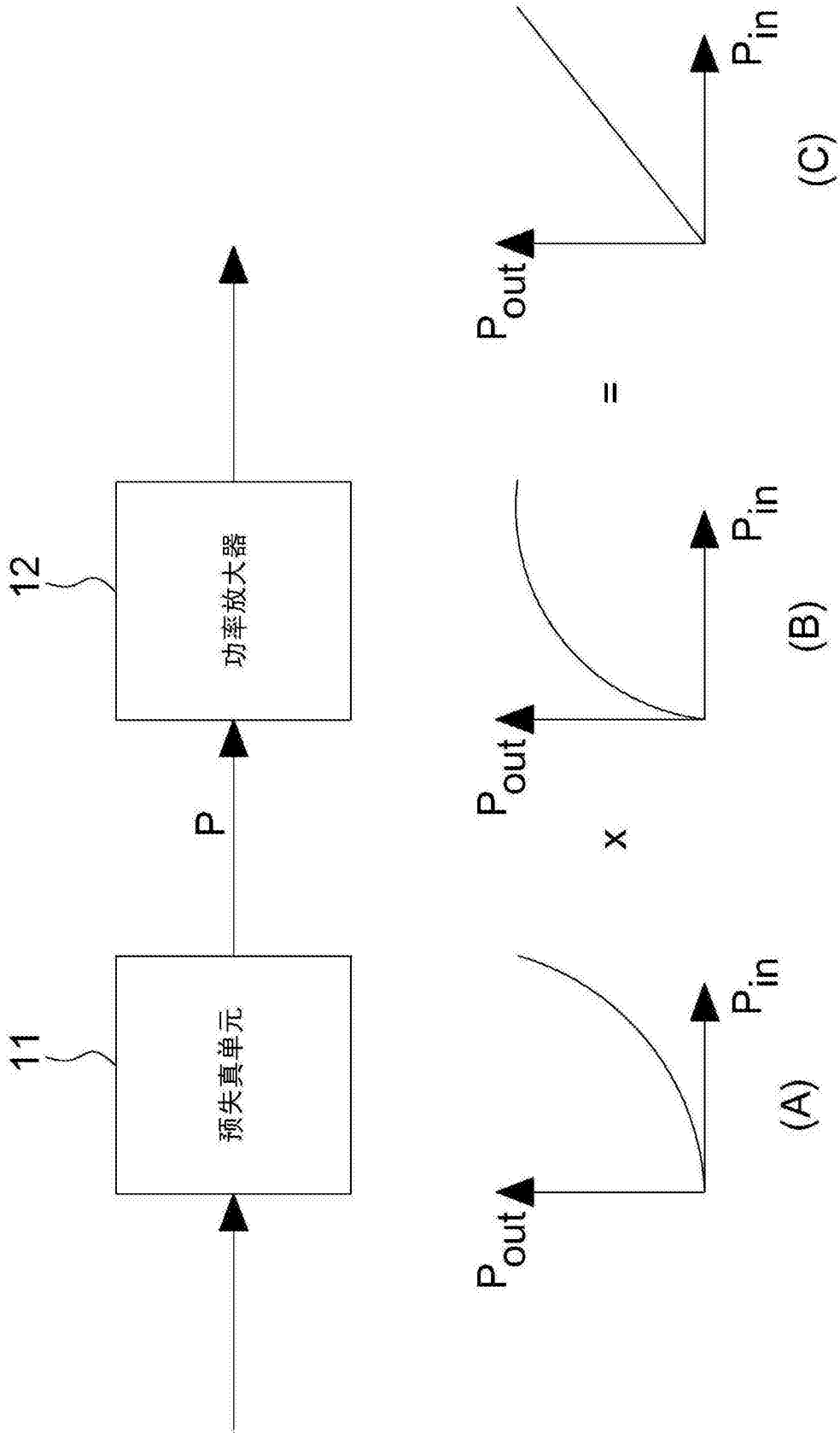


图1

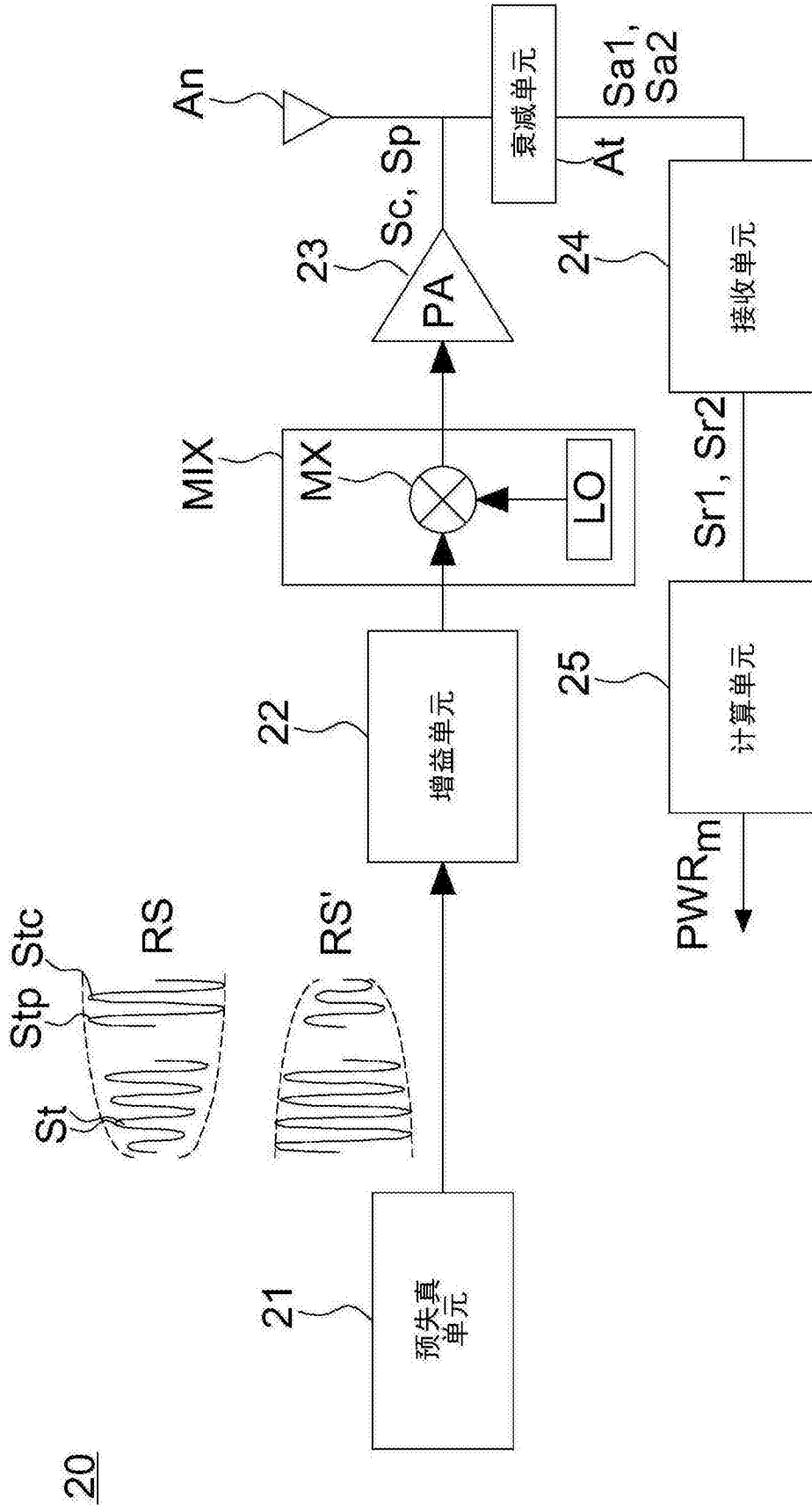


图2A

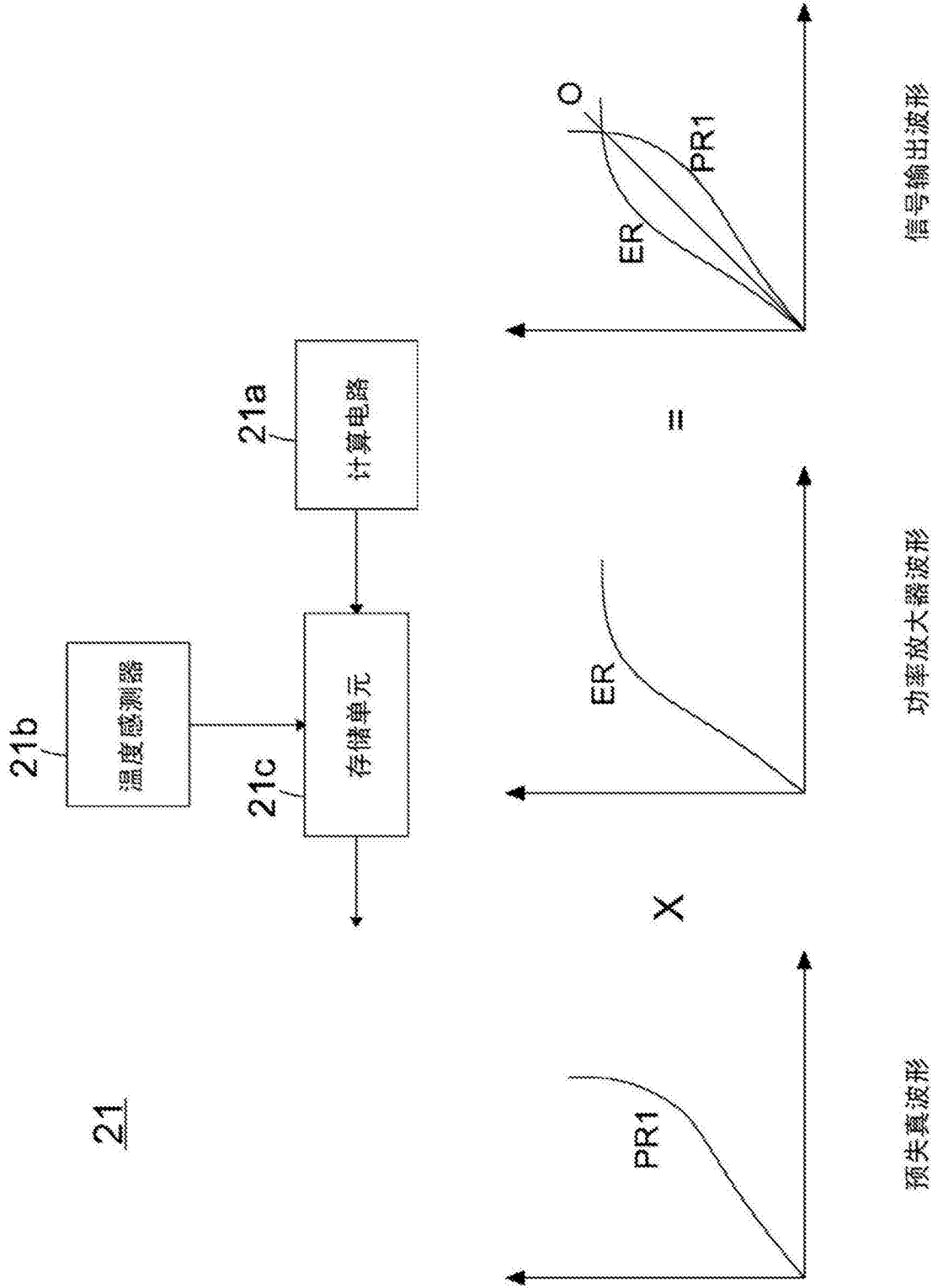


图2B

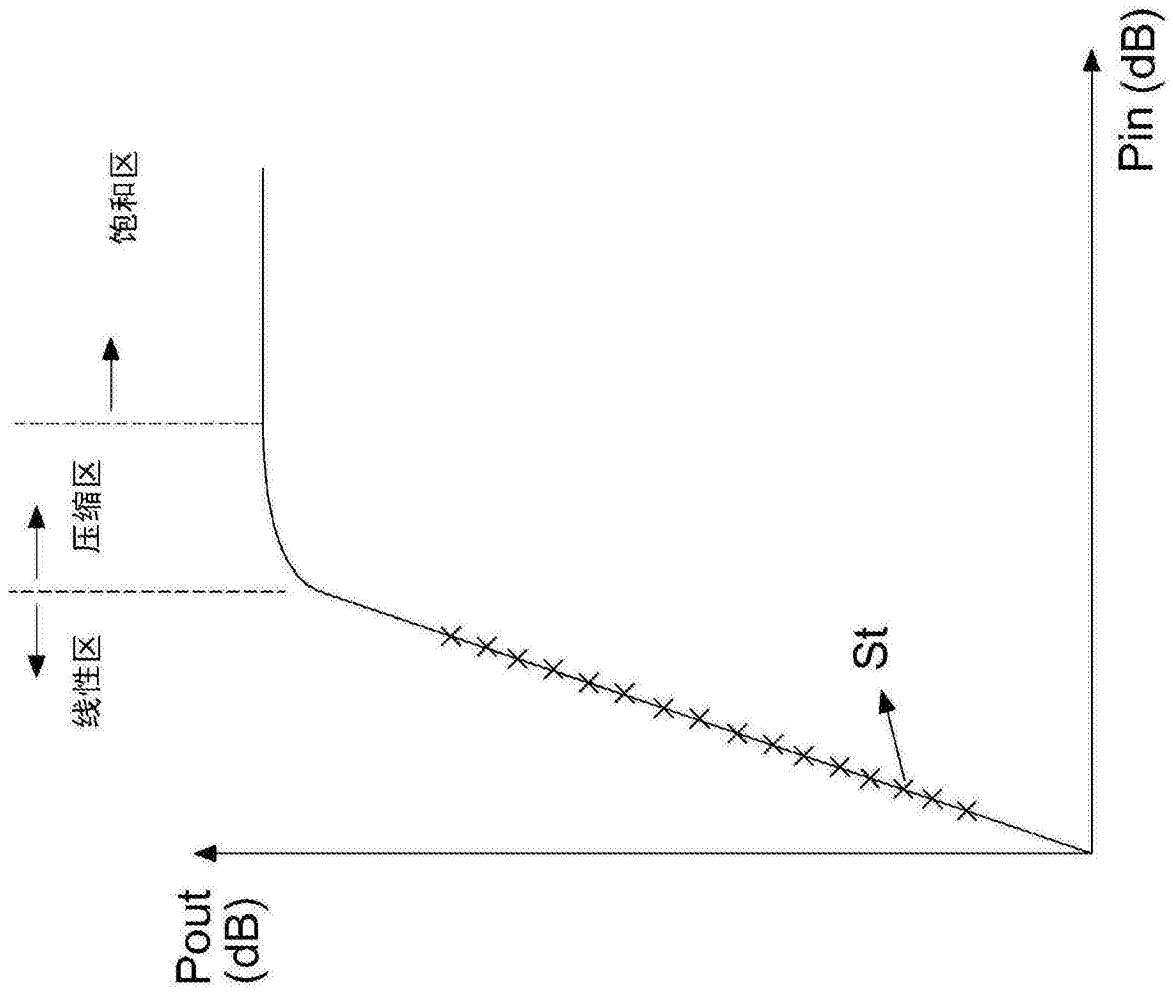


图3A

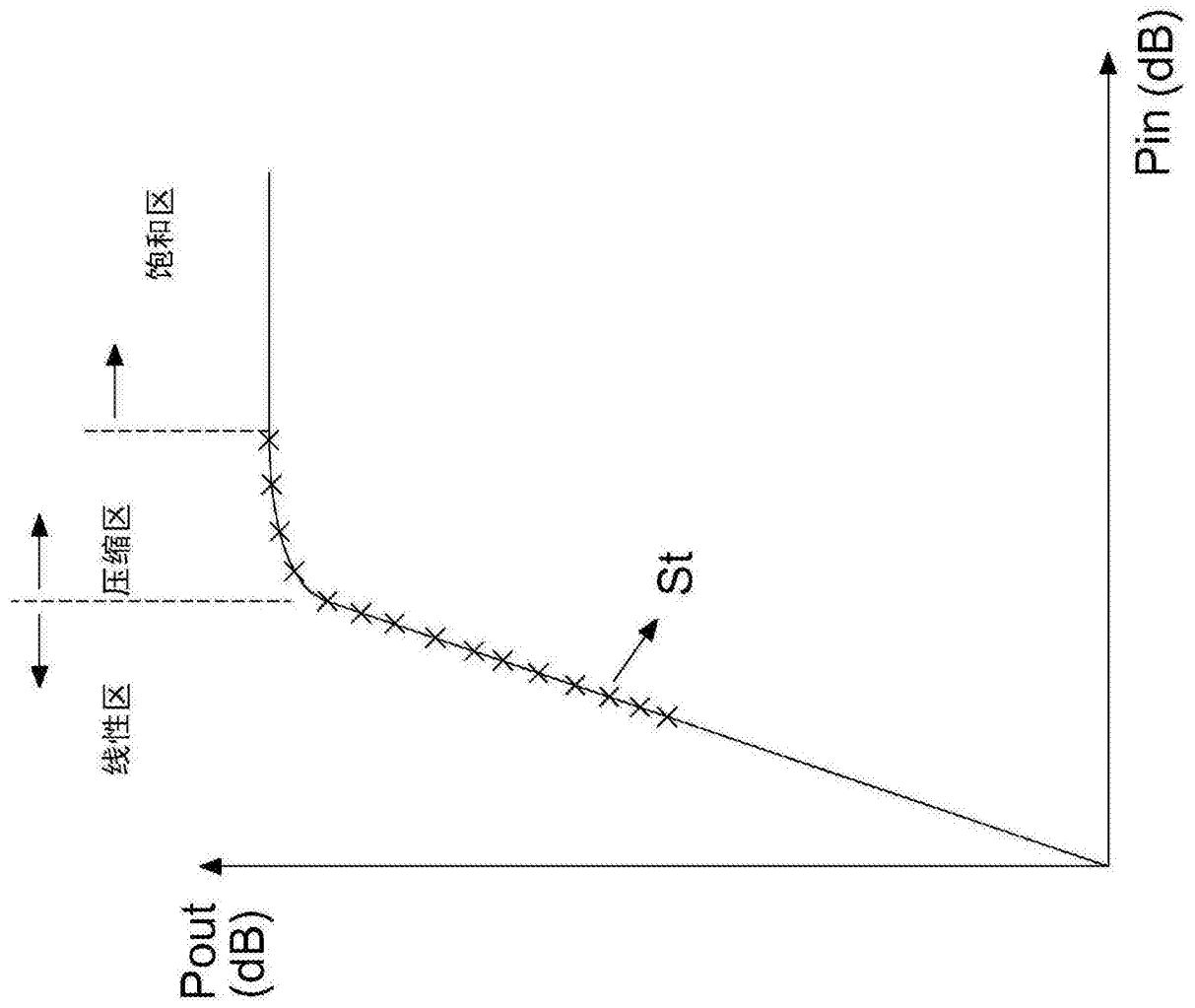


图3B

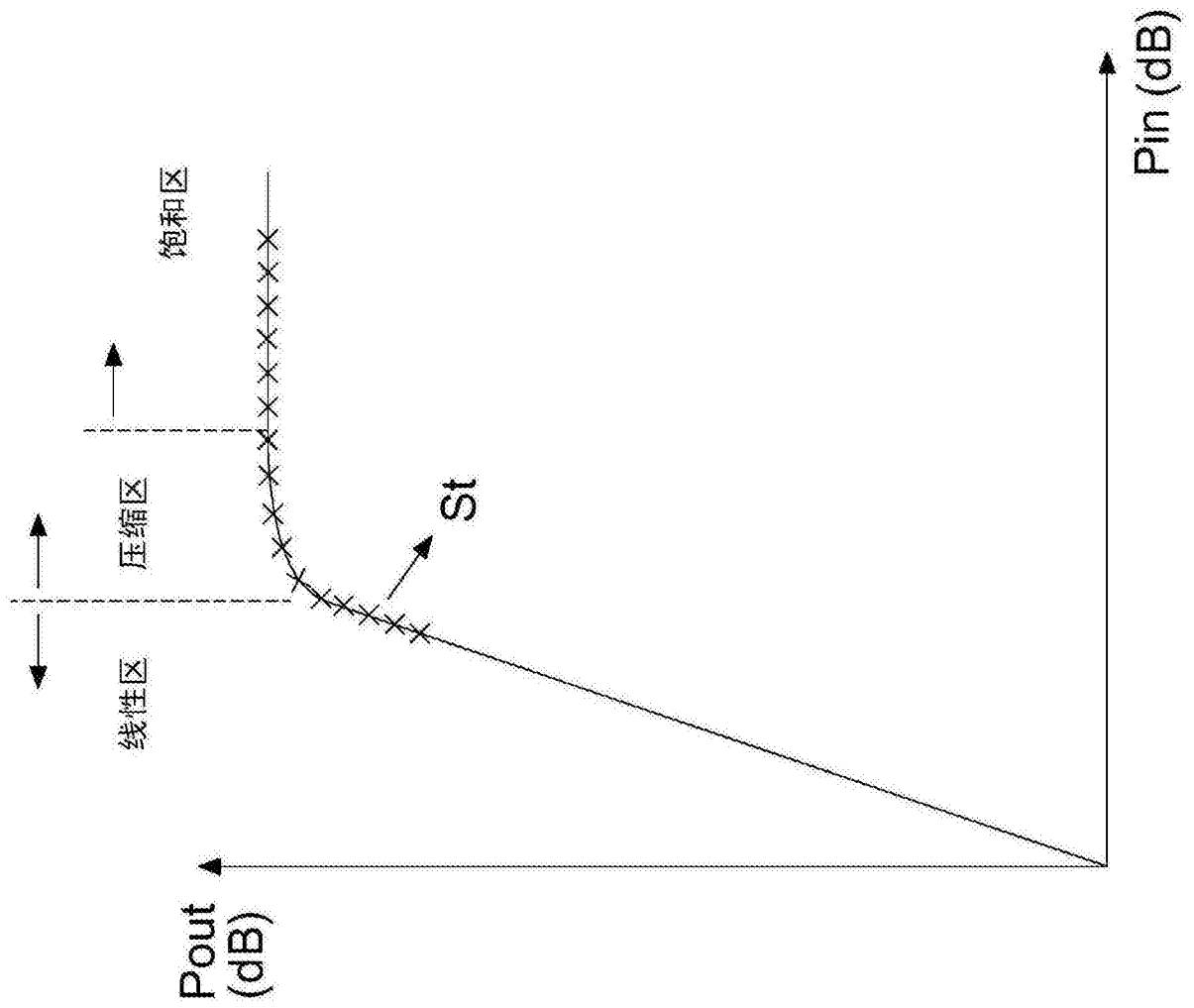


图3C

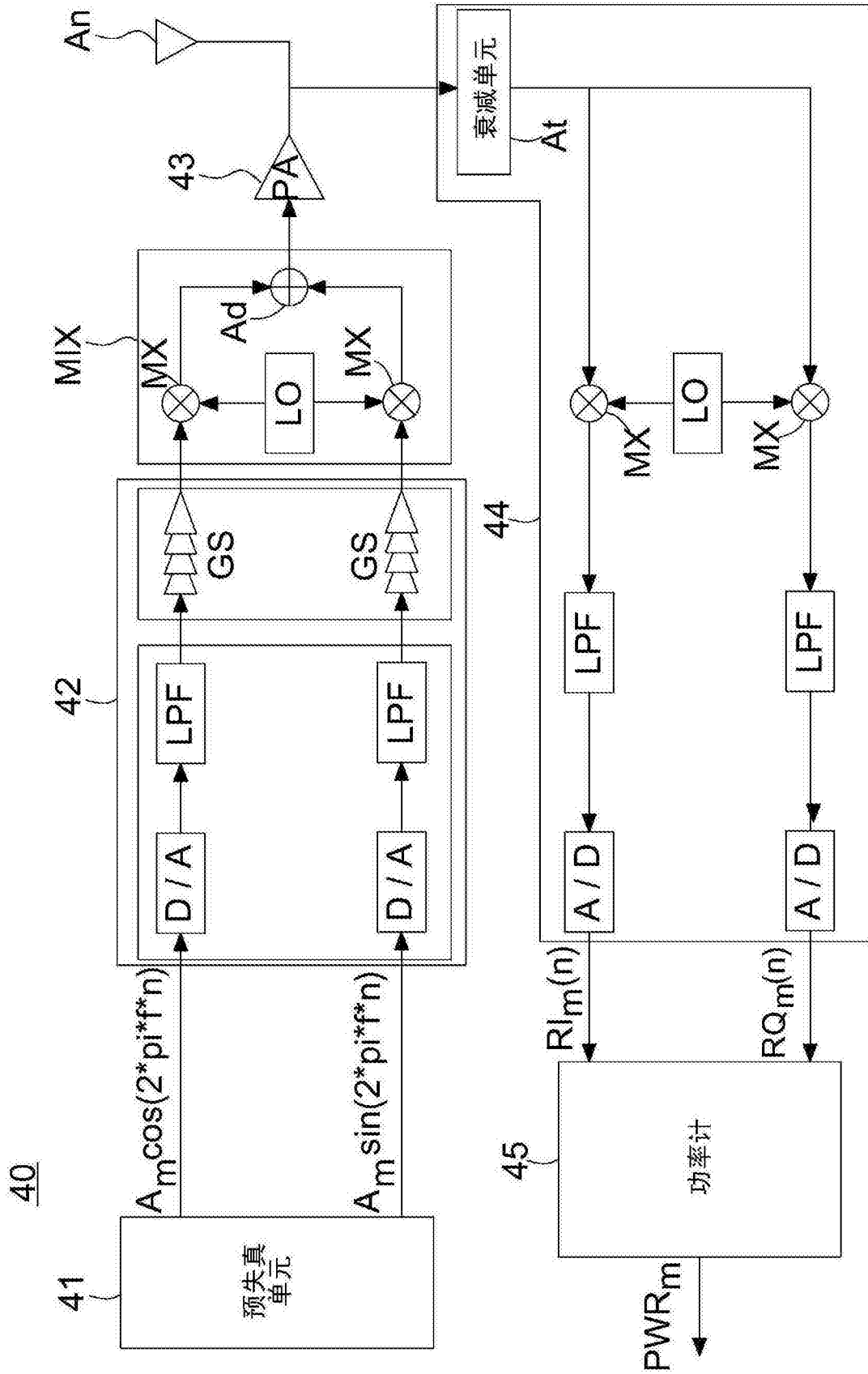


图4A

寄存器 (3:0)	增益	寄存器 (3:0)	增益
15(b'1111)	+6 dB	7(b'0111)	-2 dB
14(b'1110)	+5 dB	6(b'0110)	-3 dB
13(b'1101)	+4 dB	5(b'0101)	-4 dB
12(b'1100)	+3 dB	4(b'0100)	-5 dB
11(b'1011)	+2 dB	3(b'0011)	-6 dB
10(b'1010)	+1 dB	2(b'0010)	-7 dB
9 (b'1001)	+0 dB	1(b'0001)	-8 dB
8 (b'1000)	-1 dB	0(b'0000)	-9 dB

图4B

45

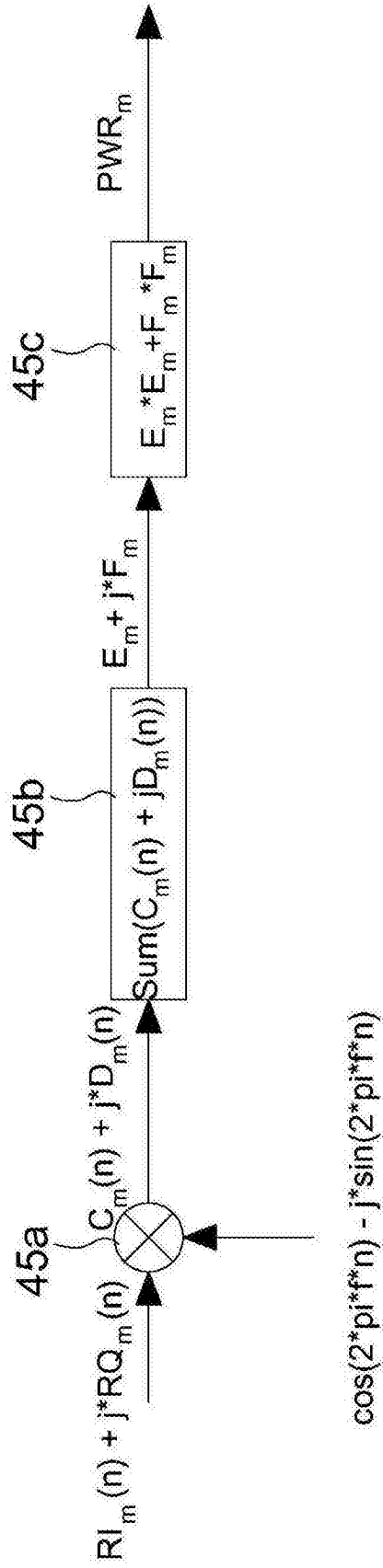


图4C

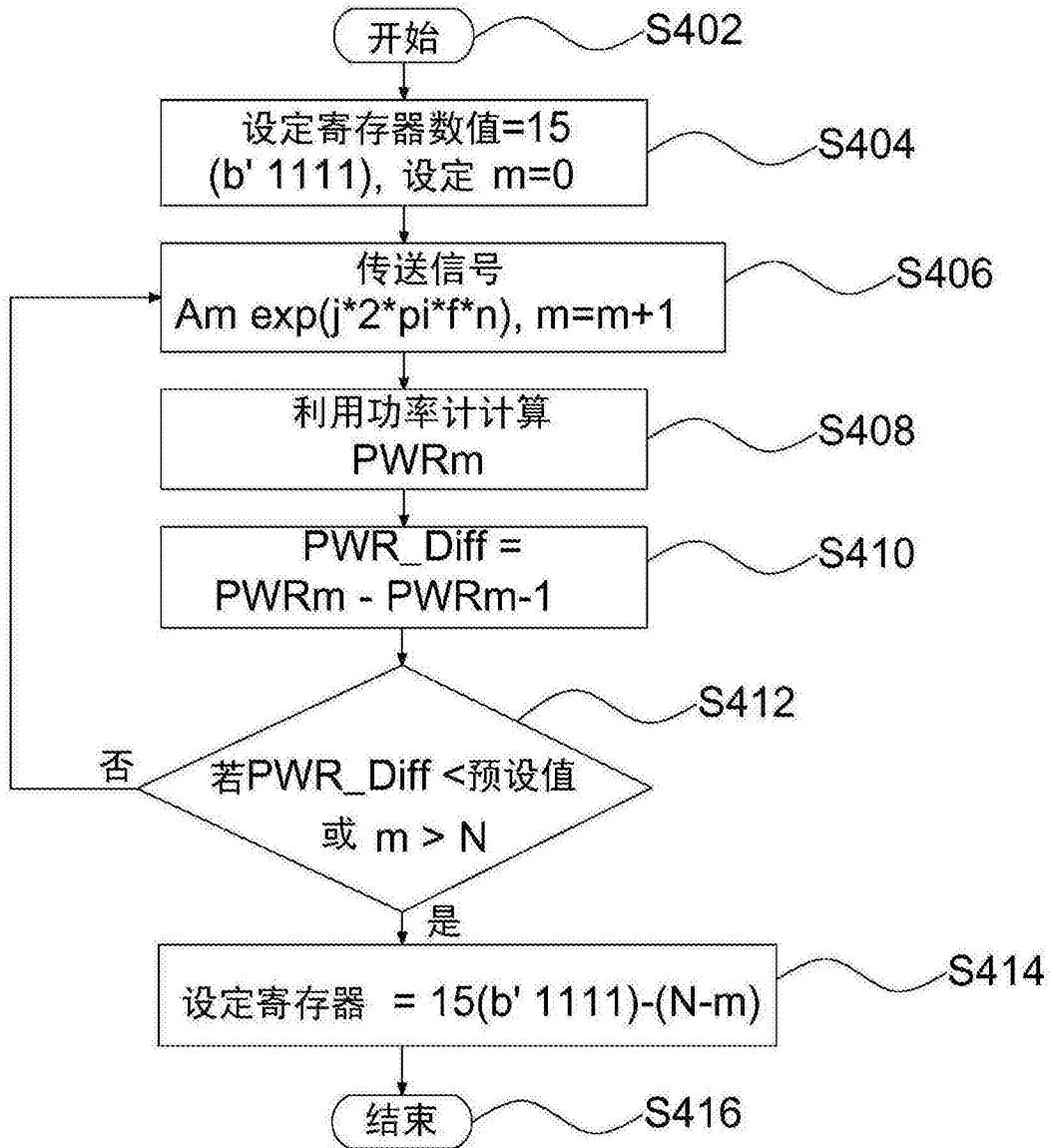


图4D

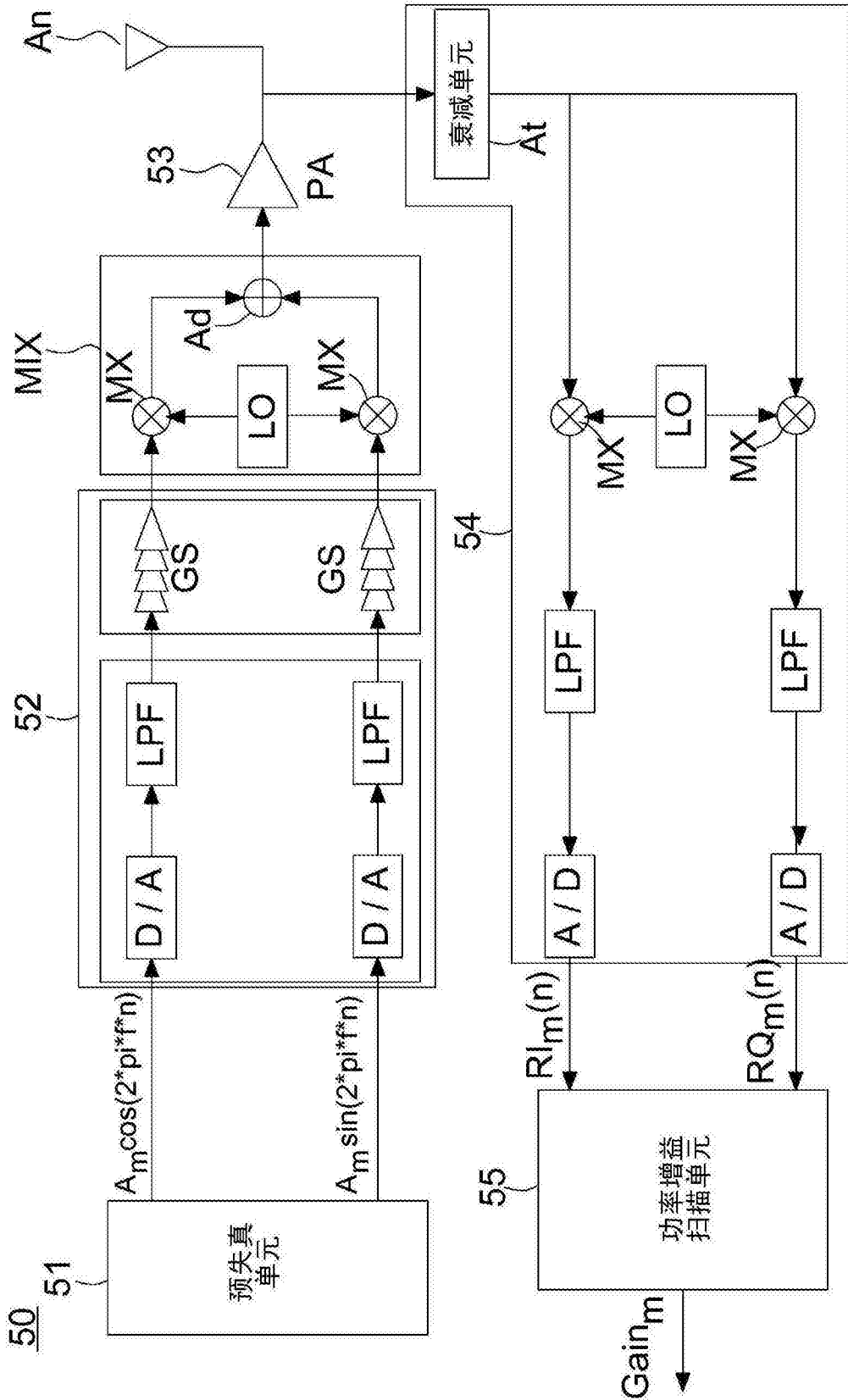


图5A

m	E	F	Gain _m	Norm_Gain _m	L _m	Gain_idx
0	86	33	8485	512	256	
1	80	32	7424	448	192	
2	80	31	7361	444	188	
3	81	31	7522	453	197	
4	85	29	8066	487	231	
5	83	25	7514	453	197	
6	77	22	6413	387	131	
7	72	19	5545	335	79	
8	66	16	4612	278	22	8
9	60	14	3796	229	27	
10	54	12	3060	185	71	
11	52	9	2785	168	88	
12	48	7	2353	142	114	
13	36	4	1312	79	177	
14	25	1	626	38	218	
15	15	1	226	14	242	

图5B

55

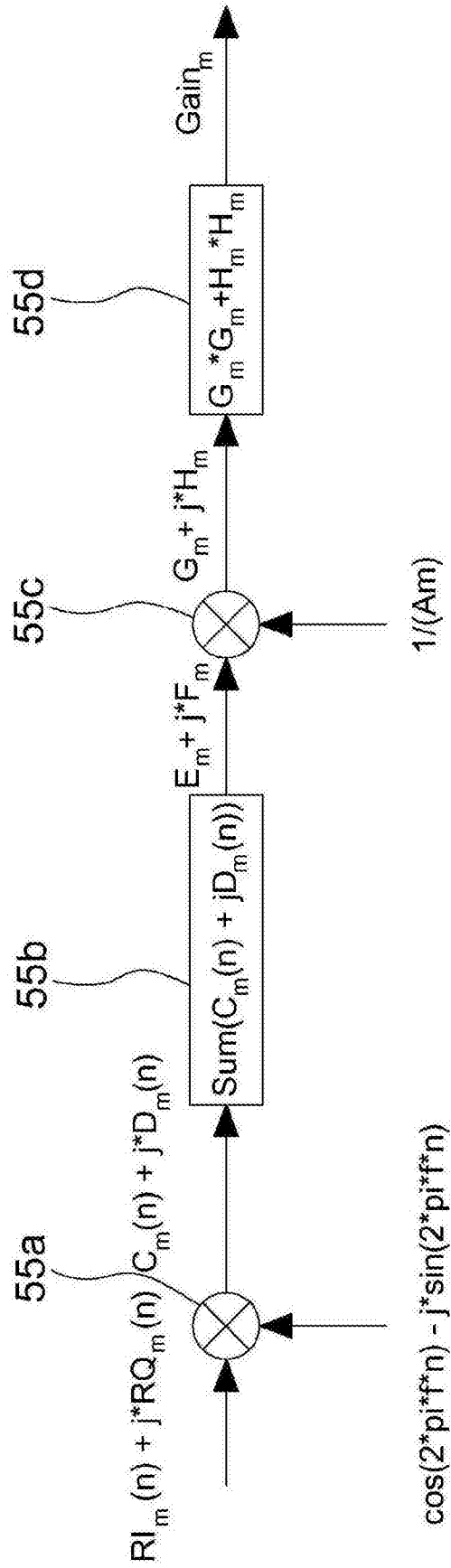


图5C

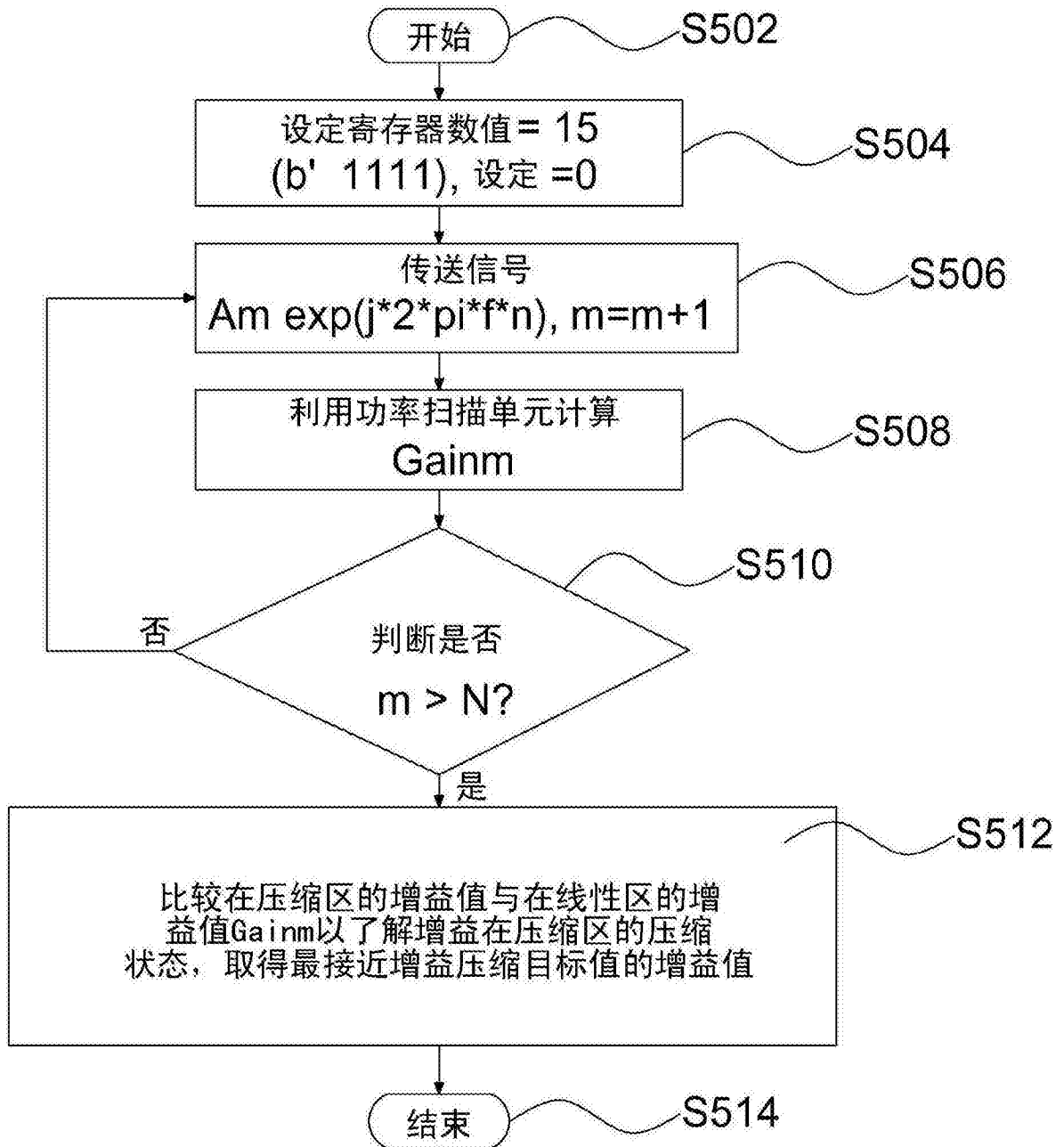


图5D

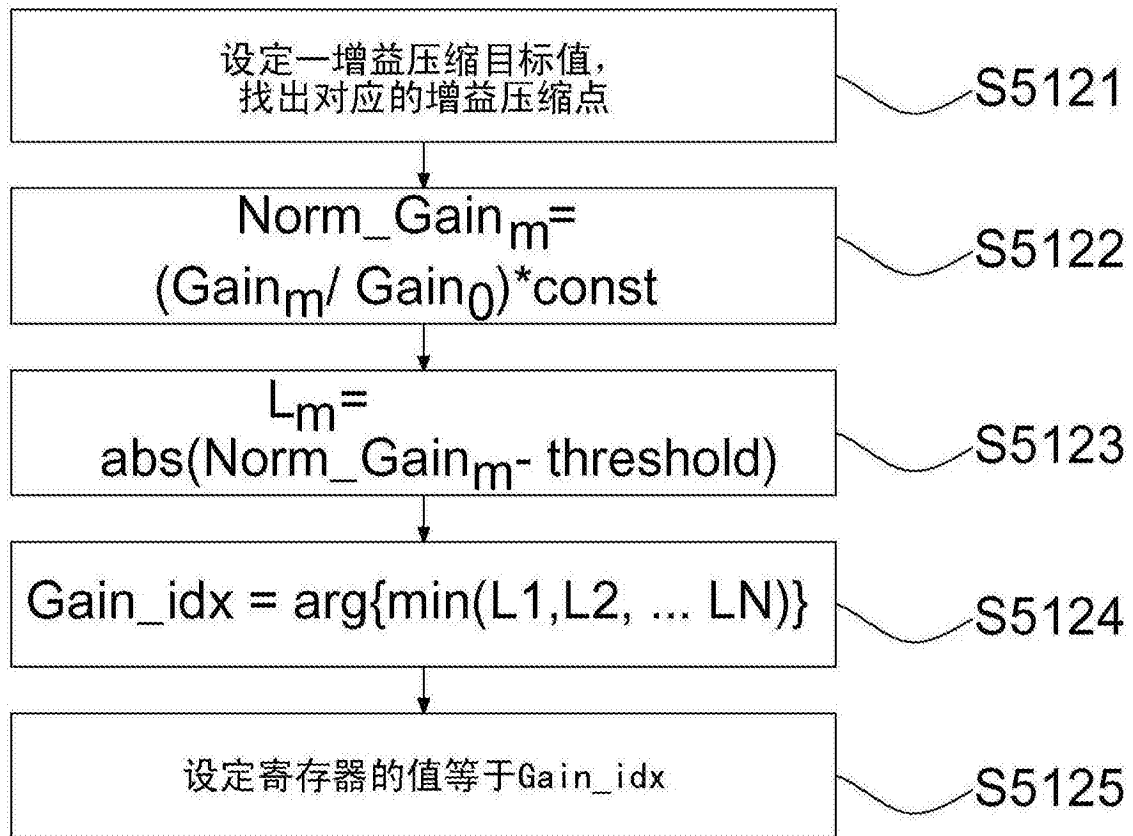


图5E