

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
H04Q 7/20 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200480033964.0

[45] 授权公告日 2010 年 1 月 27 日

[11] 授权公告号 CN 100586207C

[22] 申请日 2004.11.4

[21] 申请号 200480033964.0

[30] 优先权

[32] 2003.12.9 [33] US [31] 10/731,069

[86] 国际申请 PCT/US2004/037061 2004.11.4

[87] 国际公布 WO2005/060451 英 2005.7.7

[85] 进入国家阶段日期 2006.5.17

[73] 专利权人 飞思卡尔半导体公司

地址 美国得克萨斯

[72] 发明人 普拉温库马尔·普雷马卡司恩

马西普·拉哈曼

[56] 参考文献

US2003/0040343A1 2003.2.27

CN1420693A 2003.5.28

CN1223037A 1999.7.14

CN1264229A 2000.8.23

审查员 封展

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利
商标事务所

代理人 吴丽丽

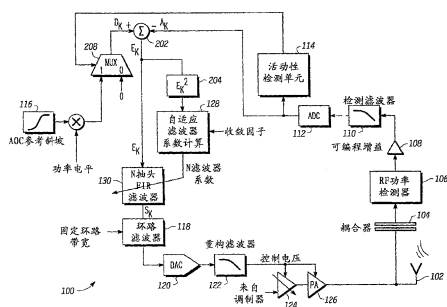
权利要求书 2 页 说明书 9 页 附图 4 页

[54] 发明名称

自适应发射功率控制系统

[57] 摘要

公开了一种不要求在功率转变范围、操作频带、温度和电源电压上对功率控制环路带宽和反馈检测路径增益设定进行详尽出厂校准的自适应闭环发射功率控制系统。该系统自动地补偿模拟前馈和反馈路径中的任何增益或斜率变化，以便维持系统稳定性和满足性能规格。该系统通过在该闭环功率控制的反馈路径内使用自适应数字信号处理(DSP)系统体系结构，实现了上述操作。该系统消除了对在功率转变范围、操作频带、温度和电源电压上对诸如环路带宽和反馈检测路径增益设定之类的参数进行详尽出厂校准的需要。



1. 一种功率控制系统，包括：

增益控制级，被配置成放大输入信号以便产生放大的信号；

功率检测器，耦合到增益控制级的输出，所述功率检测器用于检测所述放大的信号的斜坡以及提供斜坡的指示；以及

控制器，耦合到所述功率检测器和所述增益控制级，所述控制器被配置成响应于斜坡的指示，调整到增益控制级的电源电压或控制电压，以便使电源电压或控制电压随着所述斜坡距预定斜坡的变化而改变，其中，预定斜坡包括由所需功率电平修改的期望波形曲线，

所述控制器包括：

误差平方单元；

自适应滤波器系数计算单元；以及

自适应滤波器，具有耦合到自适应滤波器系数计算单元的多个抽头；

其中，将所述放大的信号的与预定斜坡相比，以产生误差项；

其中，自适应滤波器系数计算单元使用该误差项来计算和调整自适应滤波器的多个抽头中的一个或多个；

其中，自适应滤波器的输出被馈送到用于累计输出信号的环路滤波器。

2. 如权利要求 1 所述的功率控制系统，其中，所需功率电平被控制在由一定范围内的时间屏蔽的曲线内，并被控制在瞬态功率规格内。

3. 如权利要求 1 所述的功率控制系统，进一步包括：

环路滤波器，耦合到控制器的输出，用于使用固定环路带宽来滤波控制器的输出，其中，固定环路带宽与操作状态无关，所述操作状态包括模拟电路元件在温度、电源电压、操作频带上的变化。

4. 一种用于放大射频 RF 信号的方法，所述方法包括：

利用增益控制级放大 RF 信号以便产生放大的信号;

检测所述放大的信号的斜坡;

将所述放大的信号的斜坡与预定斜坡进行比较,以产生误差项,其中,预定斜坡包括由所需功率电平修改的期望波形曲线;

基于误差项信号,动态地调整自适应滤波器的多个抽头,以产生控制信号;

利用具有固定环路带宽的环路滤波器对该控制信号进行滤波,以产生经滤波的控制信号;以及

基于该经滤波的控制信号,控制所述增益控制级的控制电压。

5. 如权利要求 4 所述的方法,其中,所述所需功率电平被控制在由一定范围内的时间屏蔽的曲线内,并且所述期望波形曲线包括上升余弦波。

6. 如权利要求 4 所述的方法,其中,所述预定斜坡与功率控制系统的操作状态无关,其中所述操作状态包括功率输入电平、温度和电池电压电平。

7. 如权利要求 4 所述的方法,进一步包括:

使用具有固定环路带宽的环路滤波器对该控制信号进行滤波,其中,固定环路带宽与功率控制系统的操作状态无关,其中所述操作状态包括功率输入电平、温度和电池电压电平。

自适应发射功率控制系统

技术领域

本公开内容涉及功率控制系统，并且尤其涉及不要求环路控制参数的出厂校准的自适应功率控制系统。

背景技术

在当前的功率控制系统中，通过改变施加到功率放大器或压控放大器（VCA）调制器集成电路的控制或偏置电压，来控制发射（Tx）功率斜升和斜降曲线。例如，通常由闭环功率控制系统执行控制以便满足功率控制规格要求、诸如用于 GSM-FracN、WCDMA 和 Cartesian IQ 多接入模式的功率 - 时间和瞬态相邻信道功率屏蔽（mask）。

因为所施加的控制电压对功率放大器或 VCA 级的发射功率输出特性之比以及所施加的控制电压对功率检测反馈路径的发射功率输出特性之比根据操作频带、功率放大器的输入功率电平、以及温度和电池电压的变化而改变，所以当前的闭环功率控制系统要求详尽的出厂校准。

由于一些系统的三频带需求（GSM、DCS 或 PCS 频带），所以控制电压对发射功率输出特性的斜率随每个操作频带而改变。另外，功率放大器发射功率对功率检测器所检测的功率特性之比也随不同操作频带而改变。

控制电压对发射功率输出曲线的斜率相对于功率放大器的输入功率电平（dBm）而改变。预测输入到功率放大器的功率的变化和编程相应的系统参数是困难的。控制电压对发射功率输出曲线的斜率也随温度和电池电压的变化而改变。

为了满足环路稳定性和性能需求，其中包括功率 - 时间屏蔽（mask）和切换瞬态规格，对于每个操作频带、对于不同的功率输入

以及对于不同的温度和电池电压变化,必须对不同的 AOC 系统参数、例如环路带宽和模拟反馈增益进行编程。通常,使用在发射斜升和斜降期间用于环路带宽的预先校准的固定设定值。功率控制环路带宽的出厂校准是必须根据操作频带、功率放大器的输入功率电平、初始和最终目标功率电平、温度和电源电压执行的复杂任务。出厂校准是时间密集且昂贵的。

期望一种不需要在功率转变范围、操作频带、温度和电源电压上对功率控制环路带宽进行详尽出厂校准的发射功率控制系统。

发明内容

根据本发明的一个方面,提供一种功率控制系统,包括:增益控制级,被配置成放大输入信号以便产生放大的信号;功率检测器,耦合到增益控制级的输出,所述功率检测器用于检测所述放大的信号的斜坡以及提供斜坡的指示;以及控制器,耦合到所述功率检测器和所述增益控制级,所述控制器被配置成响应于斜坡的指示,调整到增益控制级的电源电压或控制电压,以便使电源电压或控制电压随着所述斜坡距预定斜坡的变化而改变。其中,预定斜坡包括由所需功率电平修改的期望波形曲线。所述控制器包括:误差平方单元;自适应滤波器系数计算单元;以及自适应滤波器,具有耦合到自适应滤波器系数计算单元的多个抽头。其中,将所述放大的信号的与预定斜坡相比,以产生误差项。其中,自适应滤波器系数计算单元使用该误差项来计算和调整自适应滤波器的多个抽头中的一个或多个。其中,自适应滤波器的输出被馈送到用于累计输出信号的环路滤波器。

根据本发明的另一方面,提供一种用于放大射频 RF 信号的方法,所述方法包括:利用增益控制级放大 RF 信号以便产生放大的信号;检测所述放大的信号的斜坡;将所述放大的信号的斜坡与预定斜坡进行比较,以产生误差项,其中,预定斜坡包括由所需功率电平修改的期望波形曲线;基于误差项信号,动态地调整自适应滤波器的多个抽头,以产生控制信号;利用具有固定环路带宽的环路滤波器对该

控制信号进行滤波，以产生经滤波的控制信号；以及基于该经滤波的控制信号，控制所述增益控制级的控制电压。

附图说明

通过参考附图，可以更好地理解本公开内容、以及对本领域的技术人员来说显而易见的各种特征和优点。

图 1 举例说明根据本公开内容的实施例的功率控制系统的框图。

图 2 举例说明根据本公开内容的实施例的功率控制系统的一部分的详细框图。

图 3 举例说明根据本公开内容的实施例、用于闭环 WCDMA 系统的发射功率 - 时间的曲线图。

图 4 举例说明根据本公开内容的实施例、在 GSM 突发 (burst) 的发射功率斜升和斜降期间功率 - 时间屏蔽曲线和切换瞬态。

在不同的图中使用相同的标记来表示类似或相同的项。

具体实施方式

公开了一种不要求在功率转变范围、操作频带、温度和电源电压上对功率控制环路带宽进行详尽出厂校准的自适应发射功率控制系统。该系统自动地补偿功率控制前馈路径以及功率检测反馈路径中的任何增益或斜率变化，以便维持系统稳定性和满足期望的性能规格。该系统包括用于完成此操作的自适应数字信号处理系统体系结构。

图 1 举例说明根据本公开内容的实施例的功率控制系统的框图。功率控制系统 100 包括众所周知的部件，诸如射频 (RF) 发射机 102、耦合器 104、RF 功率检测器 106、可编程增益电路 108、检测滤波器 110、模数转换器 (ADC) 112、数字活动性 (digital activity) 检测单元 114、其输出乘以最终目标功率电平的参考斜坡 (reference ramp) 查找表 116、环路滤波器 118、功率控制数模转换器 (DAC) 120、重构滤波器 122、模拟增益控制级 124 和功率放大器 126。这些设备及它们的操作在本领域中是众所周知的。在此仅仅描述了与传统操作的任

何不同之处。例如，根据本公开内容的实施例，环路滤波器 118 接收固定环路带宽。

功率控制系统 100 还包括误差平方 (squaring) 块 204、自适应滤波器系数计算单元 128 和 N-抽头 (N-tap) 自适应滤波器 130。自适应滤波器 130 的抽头数量是可编程的。在操作中，基于参考斜坡 D_k 和反馈信号 A_k 间的差值，调整自适应滤波器 130 的系数。将 N 抽头自适应 DSP 系统配置成跟踪功率控制系统的模拟前馈和反馈路径中的任何增益/斜率变化。将会意识到，可以将误差平方块 204 视为滤波器系数计算单元 128 的一部分。

图 2 举例说明根据本公开内容的实施例的功率控制系统的一部分的更详细框图。 D_k 是所期望的输入信号， A_k 是与模拟前馈和反馈路径中的任何增益/斜率变化无关而必须理想地跟踪 D_k 的信号。它们间的差值 $E_k = D_k - A_k$ ，用来通过采用自适应技术、诸如最小均方 (LMS) 自适应算法来调整自适应滤波器 130 的抽头。在闭环调节后，自适应滤波器的输出 S_k 收敛于零，从而使环路稳定到所期望的稳定状态目标功率电平。

以例如 N=2 抽头为例描述了该算法，但是应当意识到可以使用其他数目的抽头。假定初始加权矢量 $W_0 = [w_{10}, w_{20}]^T$ 。在逐个采样的基础上，由求和单元 202 计算差值 $E_k = D_k - A_k$ 。然后，由平方单元 204 对误差信号 E_k 求平方，并将其用来调节自适应滤波器 130 的滤波器抽头，如图 2 中举例说明的那样，并如下述方程式所述。对迭代 k，计算自适应滤波器 130 的输出 $S_k = E_k w_{1k} + E_{k-1} w_{2k}$ 。然后，由求和单元 206 根据 LMS 算法更新加权， $W_{k+1} = W_k + 2\mu E_k^2$ 。假定初始加权矢量和初始输入矢量 E_k 为零。收敛因子 μ 确定收敛的稳定性和速度。将自适应滤波器 130 的输出馈送给环路滤波器 118。根据本公开内容的实施例，环路带宽被设置成接近最佳设定值，并且自适应算法利用控制环路，调整任何增益/斜率变化以便满足功率控制规格。方程式 1 至 5 概述了调节过程的具体实施例。

$$(\text{方程式 1}) \quad E_k = D_k - A_k$$

$$(\text{方程式 } 2) \quad W_k = [w_{1k} \quad w_{2k}]$$

$$(\text{方程式 } 3) \quad S_k = E_k w_{1k} + E_{k-1} w_{2k}$$

$$(\text{方程式 } 4) \quad = [E_k \ E_{k-1}] \begin{bmatrix} w_{1k} \\ w_{2k} \end{bmatrix}$$

$$(\text{方程式 } 5) \quad W_{k+1} = W_k + 2\mu E_k^2$$

图 3 中的两个曲线图表示在天线处从 15 dBm 至 24 dBm 的功率上升变化。该图中的两个曲线图表示对信道上 (on-channel) 信号的功率-时间响应以及在相邻信道 (5 MHz 偏移) 和相间信道 (10 MHz 偏移) 上的功率-时间响应。左边的曲线图表示在不使用所提出的自适应信号处理方案的情况下的这些响应, 而右边的曲线图表示在使用所提出的自适应信号处理方案的情况下的这些响应。在左边的曲线图中, 在不使用所提出的自适应信号处理技术的情况下, 通过采用编程在环路滤波器中的固定环路带宽, 功率控制系统不能满足用于信道上功率的 50 μ s 的所需稳定 (settling) 时间。另外, 在右边的曲线图中, 通过采用所提出的自适应信号处理方案, 利用固定环路带宽, 能满足用于信道上信号的 50 μ s 的稳定时间。图 4 举例说明根据本公开内容的实施例在 GSM-FracN 突发 (burst) 的发射功率斜升和斜降期间的功率-时间屏蔽。功率控制系统补偿环路带宽的不适当设定值 (-22 dB 而不是 -11 dB)。对相同的操作功率电平 (26 dBm) 而言, 为了满足功率-时间屏蔽和切换瞬态规格, 环路带宽不需要被修改成不同值。

仿真表明根据本公开内容的实施例的自适应算法能使用固定收敛因子来补偿闭环系统增益中的高达 ± 11 dB 的变化, 以满足期望的功率-时间和瞬态功率规格。该算法令人满意地收敛, 而不会引起任何另外的切换瞬态。

通过采用所公开的方案, 能消除对 PA 的每个频带和每个输入功率电平的闭环参数进行出厂校准的需要, 从而节省了时间和金钱。另外, 因为逐个采样地调整滤波器抽头和跟踪参考斜坡, 从而补偿模拟 RF 发射路径中的任何功率放大器下降, 所以能除去功率放大器下降补偿电路。另外, 由于闭环系统更能容许前馈和反馈路径中的增益变化, 所以提供了一个更稳定和更具鲁棒性的控制系统。

尽管在图中所公开的实施例描述了功率放大器的使用，但本领域的技术人员将会意识到，所公开的闭环 DSP 算法能控制任意模拟增益控制级。任意模拟增益控制级可以是基带放大器。作为选择，任意模拟增益控制级可以是 RF 放大器，其中，RF 放大器是压控放大器或功率放大器。

上述公开的主题被认为是示例性的，而不是限制性的，并且所附的权利要求书意图涵盖落在本发明的实质和范围内的所有这些改进、增强和其他实施例。因此，在法律所允许的最大程度上，本发明的范围将由下述权利要求书和它们的等效内容的最宽可容许解释来确定，并且不应当受上述详细描述的限制或限制。例如，也可以采用另一种自适应算法，如递归最小平方（RLS）技术。

依据本发明的一个方面，提供了一种功率控制系统，其包括：增益控制级，被配置成放大输入信号以便产生放大的信号；功率检测器，耦合到增益控制级的输出，所述功率检测器用于检测放大的信号的斜坡以及提供斜坡的指示；以及

控制器，耦合到所述功率检测器和所述增益控制级，所述控制器被配置成响应于斜坡的指示，调整到增益控制级的电源电压或控制电压，以便使电源电压或控制电压随着所述斜坡距预定斜坡的变化而改变，其中，预定斜坡包括由所需功率电平修改的期望波形曲线。

在该功率控制系统中，所需功率电平包括功率-时间屏蔽，并且期望波形曲线是上升余弦波。

在该功率控制系统中，所需功率电平包括根据预定的功率-时间规格和瞬态功率规格的屏蔽。

在该功率控制系统中，电压是电源电压和控制电压的一个。

在该功率控制系统中，预定斜坡与功率控制系统的操作状态无关。

在该功率控制系统中，操作状态包括放大器级的功率输入电平、温度、操作频带和电池电压电平。

在该功率控制系统中，控制器进一步包括：误差平方单元；自适应

应滤波器系数计算单元；以及自适应滤波器，具有耦合到自适应滤波器系数计算单元的多个抽头；

其中，将所述放大的信号的斜坡与预定斜坡相比，以产生误差项；其中，自适应滤波器系数计算单元使用该误差项计算和调整自适应滤波器的多个抽头中的一个或多个；其中，自适应滤波器的输出被馈送到用于累计输出信号的环路滤波器。

在这个功率控制系统中，自适应滤波器系数计算单元利用最小均方（LMS）自适应算法。

在这个功率控制系统中，自适应滤波器系数计算单元利用递归最小平方算法。

在这个功率控制系统中，自适应滤波器的输出收敛于零。

在这个功率控制系统中，通过方程式 $E_K W_{1K} + E_{K-1} W_{2K} + \dots + E_O W_{NK}$ 得出滤波器的输出，其中 N 是表示滤波器的长度的整数；其中， W_{K+1} 为 $W_K + 2\mu E_K^2$ ；其中， μ 是收敛项；其中， W_K 初始为 0，以及其中， E_K 是误差项。

在一个优选实施例中，该功率控制系统进一步包括：活动性检测电路，用于产生表示活动性检测的活动性输出，其中，活动性输出在当未检测到活动性时的空信号和当检测到活动性时的预定斜坡间进行选择，以便与所述放大的信号的斜坡进行比较。

在一个优选实施例中，该功率控制系统进一步包括耦合在所述控制器和所述增益控制级间的压控电路，其中，所述控制器响应于误差项而产生控制信号，所述压控电路处理该控制信号以便产生电源电压。

在另一个优选实施例中，该功率控制系统，进一步包括：环路滤波器，耦合到控制器的输出，用于使用固定环路带宽来滤波控制器的输出，其中，固定环路带宽与操作状态无关，所述操作状态包括模拟电路元件在温度、电源电压、操作频带上的变化。

在该功率控制系统中，所述控制器控制所述放大的信号的斜坡。

在该功率控制系统中，所述控制器控制所述放大的信号的斜坡。

降。

依据本发明的另一个方面，提供了一种用于放大射频（RF）信号的方法，所述方法包括：利用增益控制级放大 RF 信号以便产生放大的信号；检测所述放大的信号的斜坡；将所述放大的信号的斜坡与预定斜坡进行比较，以产生误差差，其中，预定斜坡包括由所需功率电平修改的期望波形曲线；基于误差差信号，动态地调整自适应滤波器的多个抽头，以产生控制信号；利用具有固定环路带宽的环路滤波器对该控制信号进行滤波，以产生经滤波的控制信号；以及基于该经滤波的控制信号，控制所述增益控制级的控制电压。

在该方法中，所需功率电平包括功率-时间屏蔽，并且期望波形曲线包括上升余弦波。

在该方法中，所需功率电平包括根据预定的功率-时间规格和瞬态功率规格的屏蔽。

在该方法中，预定斜坡与功率控制系统的操作状态无关。

在该方法中，操作状态包括功率输入电平、温度和电池电压电平。

在该方法中，调整自适应滤波器的多个抽头是根据最小均方（LMS）自适应算法进行的。

在该方法中，调整自适应滤波器的多个抽头是根据递归最小平方算法进行的。

在该方法中，控制信号收敛于零。

在该方法中，通过方程式 $E_K W_{1K} + E_{K-1} W_{2K} + \dots + E_O W_{NK}$ 得出滤波器的输出，其中 N 是表示滤波器的长度的整数；其中， W_{K+1} 为 $W_k + 2\mu E_k^2$ ；其中， μ 是收敛项；其中， W_K 初始为 0，以及其中， E_K 是误差差。

在一个优选实施例中，该方法进一步包括：检测所述放大的信号的活动性，并产生活动性输出；其中，该输出被配置用来在当未检测到活动性时的空信号和当检测到活动性时的预定斜坡间进行选择，以便与所述放大的信号的斜坡进行比较。

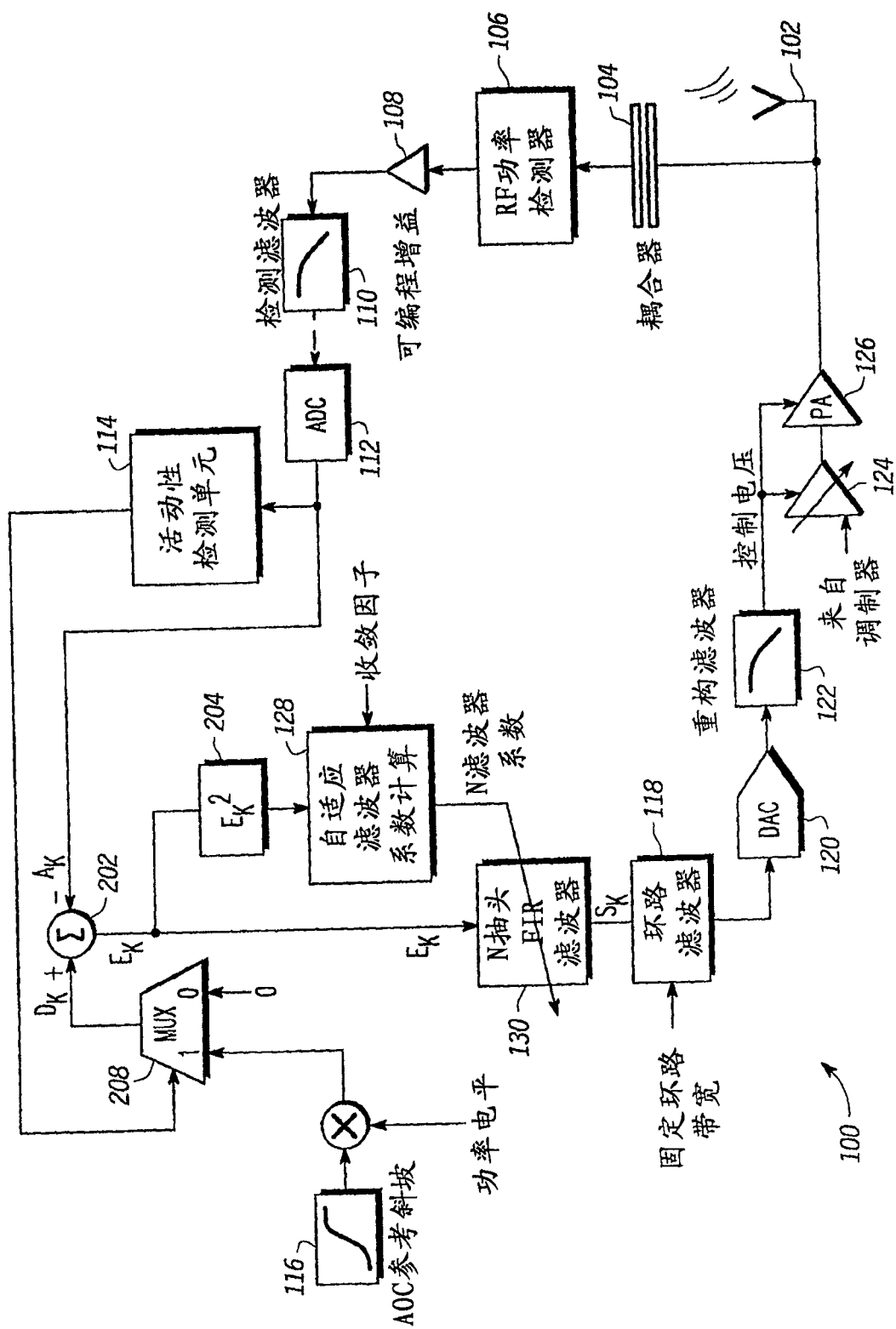
在另一个优选实施例中，该方法进一步包括：使用具有固定环路带宽的环路滤波器对该控制信号进行滤波，其中，固定环路带宽与功

率控制系统的操作状态无关。

在该方法中，所述操作状态包括功率输入电平、温度、操作频带和电池电压电平。

在该方法中，控制该控制电压的步骤控制所述放大了的信号的斜升。

在该方法中，控制该控制电压的步骤控制所述放大了的信号的斜降。



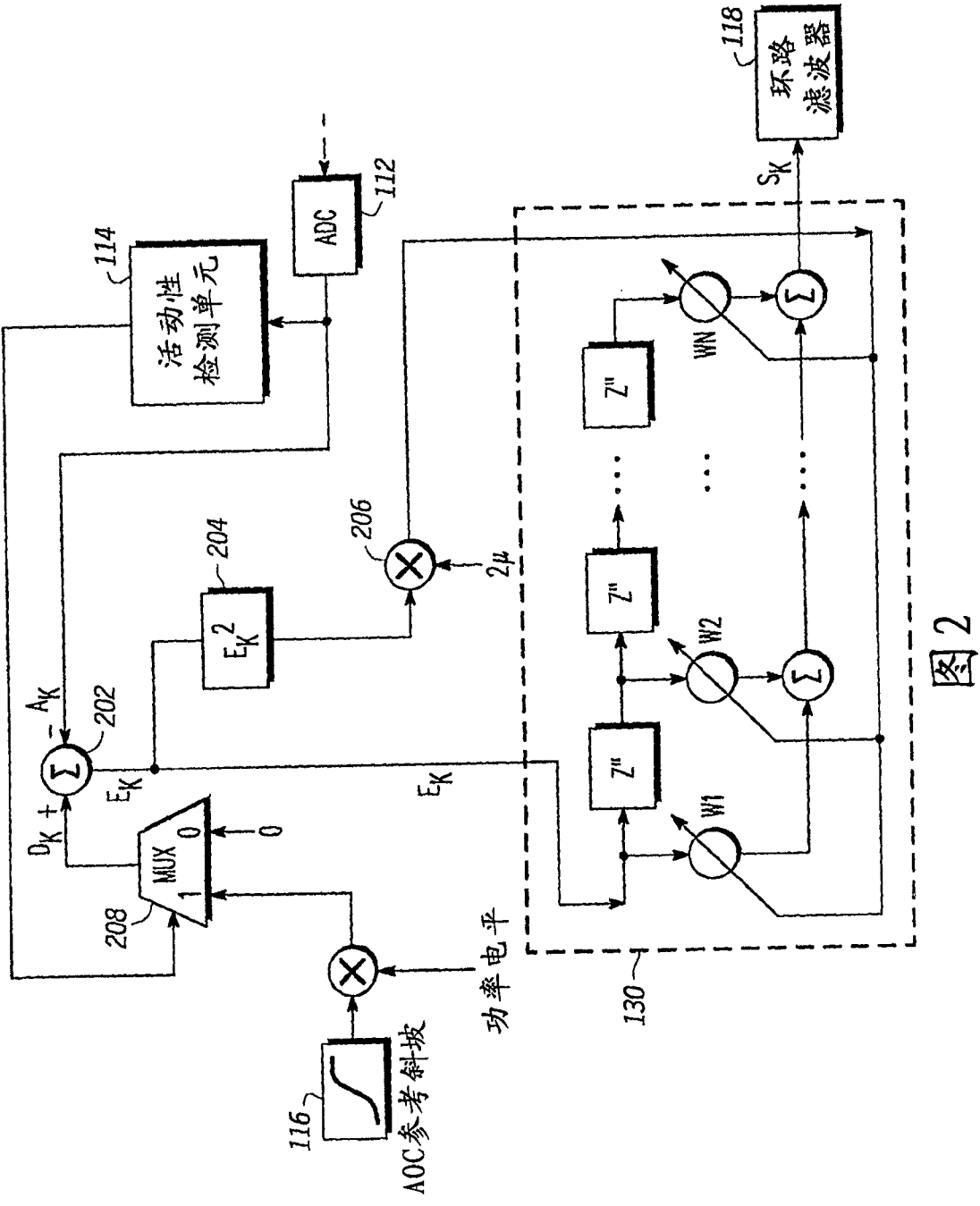
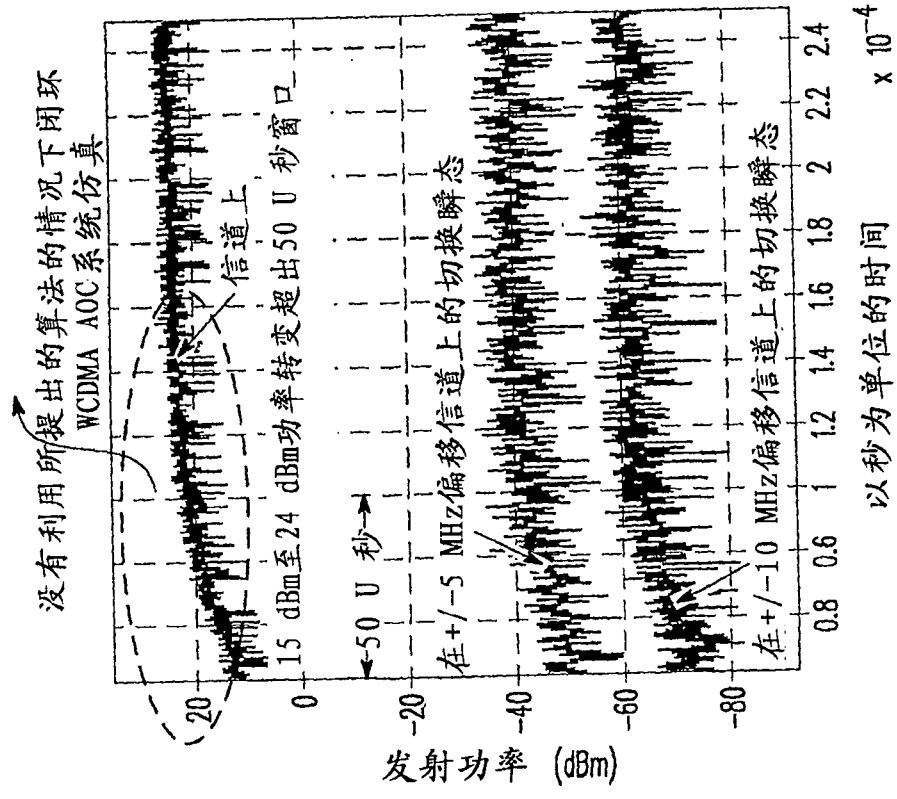


图2

没有利用所提出的LMS算法，斜升不满足
功率-时间屏蔽
(超出50 U 秒斜度窗口)



采用所提出的LMS算法，斜升满足
功率-时间屏蔽
(在50 U 秒窗口内)

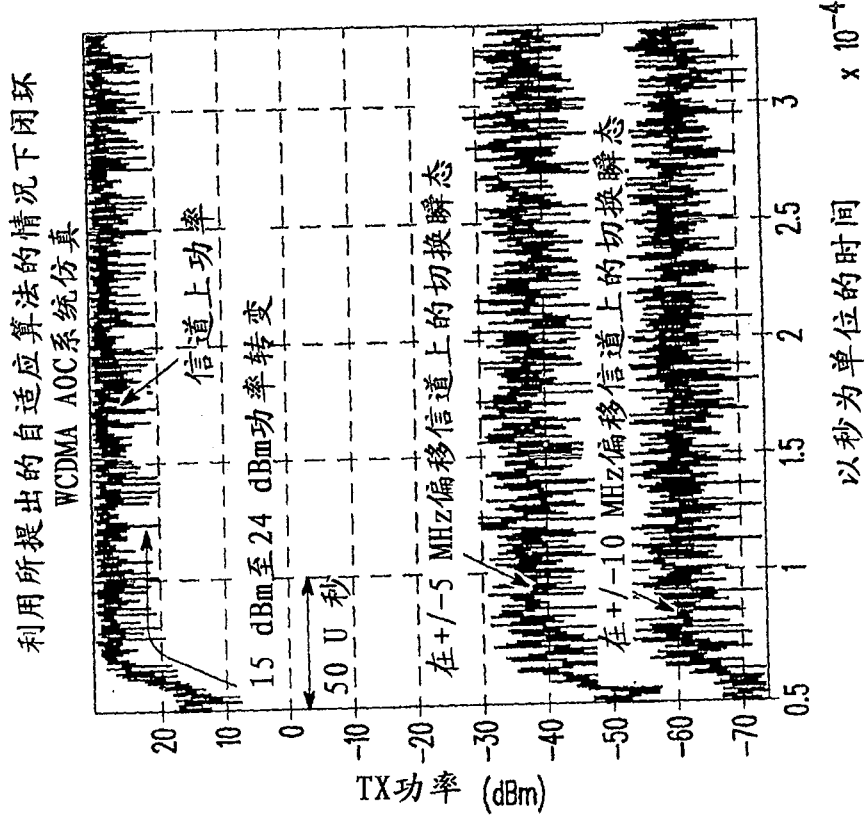


图3

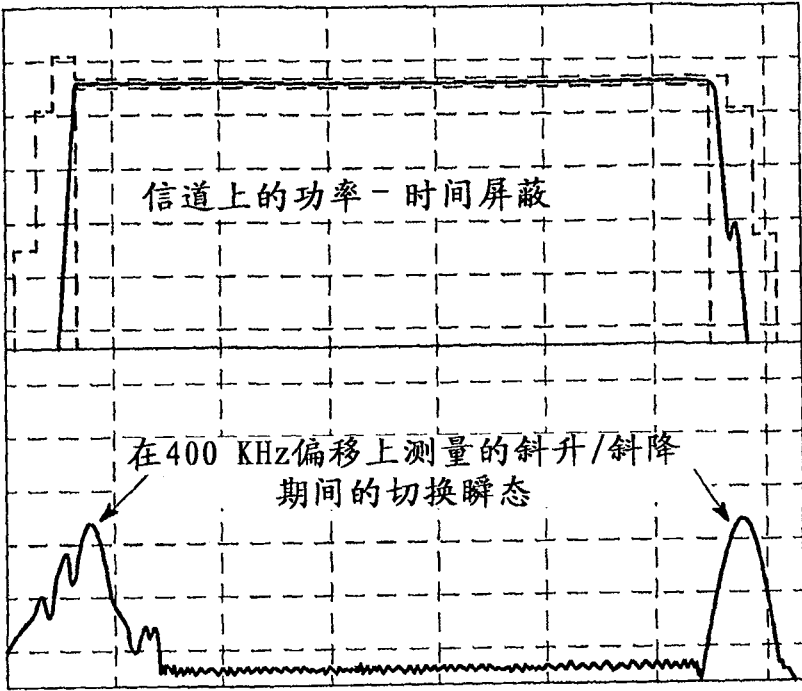


图 4