



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102143107 A

(43) 申请公布日 2011. 08. 03

(21) 申请号 201110048111. 6

(22) 申请日 2011. 02. 25

(71) 申请人 华为技术有限公司

地址 518129 广东省深圳市龙岗区坂田华为
总部办公楼

(72) 发明人 蔡华 庞彦钊 王伟 薛巍

(74) 专利代理机构 北京凯特来知识产权代理有
限公司 11260

代理人 郑立明 孟丽娟

(51) Int. Cl.

H04L 25/49 (2006. 01)

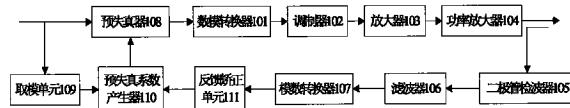
权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 2 页

(54) 发明名称

一种实现数字基带预失真的方法及装置

(57) 摘要

一种实现数字基带预失真的装置，包括由数模转换器、调制器、放大器和功率放大器构成的发射通道，还包括：由二极管检波器、滤波器和模数转换器构成的反馈通道模拟部分，和由预失真器、取模单元、预失真系数产生器、反馈矫正单元构成的反馈通道数字部分；二极管检波器用于获得所述功率放大器的输出信号的包络。本发明实施例还提供了一种应用上述单芯片实现数字基带预失真的方法。本发明实施例，利用二极管检波器实现数字基带预失真的反馈通道。由于二极管检波器的结构简单，不仅减少了反馈通道上射频器件的数量，降低了硬件实现复杂度，减少了功耗，还能够将反馈通道的模拟部分集成到单芯片上。



1. 一种实现数字基带预失真的装置，包括由数模转换器、调制器、放大器和功率放大器构成的发射通道，其特征在于，所述装置还包括：

由二极管检波器、滤波器和模数转换器构成的反馈通道模拟部分，和由预失真器、取模单元、预失真系数产生器、反馈矫正单元构成的反馈通道数字部分；

所述二极管检波器用于获得所述功率放大器的输出信号的包络；

所述滤波器与所述二极管检波器连接，用于对所述二极管检波器获得的所述包络进行滤波处理；

所述模数转换器与所述滤波器连接，用于对所述滤波器的输出信号进行模数转换；

所述取模单元用于获得所述装置的输入信号的模；

所述反馈矫正单元与所述模数转换器连接，用于获取所述模数转换器的输出信号，并对所述模数转换器的输出信号进行反馈通道的非线性矫正处理；

所述预失真系数产生器分别与所述取模单元和所述反馈矫正单元连接，获得所述取模单元的输出信号和所述反馈矫正单元的输出信号，根据获得的所述取模单元的输出信号和所述反馈矫正单元的输出信号得到所述发射通道的信号失真；

所述预失真器分别与所述预失真系数产生器和所述数模转换器连接，用于根据所述预失真系数产生器输出的所述发射通道的信号失真，对所述装置的输入信号进行数字基带预失真处理，并将经过数字基带预失真处理的输出信号发送给所述数模转换器。

2. 一种应用权利要求 1 所述的装置实现数字基带预失真处理的方法，其特征在于，包括：

反馈通道中的二极管检波器获取发射通道中的功率放大器的输出信号；

所述二极管检波器检测得到所述功率放大器的输出信号的包络；

反馈通道中的模数转换器对所述包络进行模数转换；

反馈通道中的反馈矫正单元对所述模数转换器进行模数转换后输出的信号进行反馈通道的非线性矫正处理；

反馈通道中的预失真系数产生器根据获得的装置输入信号的模和所述反馈矫正单元进行非线性矫正处理后输出的信号，得到发射通道的信号失真；

反馈通道的预失真器根据所述发射通道的信号失真，对所述装置的输入信号进行数字基带预失真处理。

3. 根据权利要求 2 所述的方法，其特征在于，在反馈通道中的二极管检波器获取发射通道中的功率放大器的输出信号之前，该方法还包括：

控制所述功率放大器的输出功率工作在线性区间；

获取所述二极管检波器的非线性失真参数；

根据所述非线性失真参数得到二极管检波器的矫正系数。

4. 根据权利要求 3 所述的方法，其特征在于，所述获取所述二极管检波器的非线性失真参数包括：

获取装置的输入信号的模；

获取所述功率放大器工作在线性区间时输出信号的包络进行模数转换后的数字信号；

根据所述输入信号的模和所述包络进行模数转换后的数字信号，确定所述二极管检波

器的非线性传递函数,所述非线性传递函数就是所述非线性失真参数。

5. 根据权利要求 3 或 4 所述的方法,其特征在于,获得所述二极管检波器的矫正系数后,该方法还包括:

将所述功率放大器的发射功率调整至非线性区间。

6. 根据权利要求 5 所述的方法,其特征在于,所述反馈通道中的反馈矫正单元对所述包络进行反馈通道的非线性矫正处理包括:

所述反馈矫正单元根据所述二极管检波器的矫正系数,对所述包络中的二极管检波器非线性失真进行矫正处理。

7. 根据权利要求 2 ~ 4 任意一项所述的方法,其特征在于,

对装置的输入信号与所述预失真器输出的反馈信号进行时间同步。

一种实现数字基带预失真的方法及装置

技术领域

[0001] 本发明实施例涉及通信技术领域，尤其涉及一种实现数字基带预失真的方法及装置。

背景技术

[0002] 发射通道单芯片集成技术有助于微波点对点设备朝着高频率、高集成度、低成本，及低功耗的方向发展。但由于半导体工艺的原因，采用发射通道单芯片集成的器件与分离的单功能器件相比，其发射通道线性输出功率水平会降低。为了保持与传统的单功能器件相同的输出功率，需要对采用发射通道单芯片集成的器件进行线性化处理。

[0003] 预失真 (predistortion) 技术是线性化的一种实现方式。采用发射通道单芯片集成的器件存在非线性失真，预失真技术的工作原理是在输入信号上叠加与器件非线性失真相反的失真，从而抵消器件的非线性失真。其中，与器件非线性失真相反的失真需要根据功率放大器的非线性失真特性获得。数字基带预失真是应用较为广泛的预失真技术，现有的数字基带预失真系统中，反馈通道由超外差接收机实现。

[0004] 现有技术中至少存在如下问题：

[0005] 采用超外差下变频结构的数字基带预失真系统，相当于增加了一个接收通道。超外差接收机反馈的是功率放大器的输出信号。微波系统中功率放大器输出信号的载波频率较高，就现有的半导体工艺而言，为了应用在高频载波环境中，反馈通道采用的超外差接收机的实现结构复杂，且硬件成本较高。另外，由于超外差接收机自身的频率成分复杂，超外差接收机中为了进行串扰的屏蔽，其实现结构更为复杂。因此反馈通道难于同发射通道集成在单芯片中。

发明内容

[0006] 本发明的实施例提供了一种实现数字基带预失真的方法及装置，从而避免数字基带预失真的反馈通道实现结构复杂、硬件成本较高。

[0007] 本发明的目的是通过以下技术方案实现的：

[0008] 一种实现数字基带预失真的装置，包括由数模转换器、调制器、放大器和功率放大器构成的发射通道，所述装置还包括：

[0009] 由二极管检波器、滤波器和模数转换器构成的反馈通道模拟部分，和由预失真器、取模单元、预失真系数产生器、反馈矫正单元构成的反馈通道数字部分；

[0010] 所述二极管检波器用于获得所述功率放大器的输出信号的包络；

[0011] 所述滤波器与所述二极管检波器连接，用于对所述二极管检波器获得的所述包络进行滤波处理；

[0012] 所述模数转换器与所述滤波器连接，用于对所述滤波器的输出信号进行模数转换；

[0013] 所述取模单元用于获得所述装置的输入信号的模；

[0014] 所述反馈矫正单元与所述模数转换器连接,用于获取所述模数转换器的输出信号,并对所述模数转换器的输出信号进行反馈通道的非线性矫正处理;

[0015] 所述预失真系数产生器分别与所述取模单元和所述反馈矫正单元连接,获得所述取模单元的输出信号和所述反馈矫正单元的输出信号,根据获得的所述取模单元的输出信号和所述反馈矫正单元的输出信号得到所述发射通道的信号失真;

[0016] 所述预失真器分别与所述预失真系数产生器和所述数模转换器连接,用于根据所述预失真系数产生器输出的所述发射通道的信号失真,对所述装置的输入信号进行数字基带预失真处理,并将经过数字基带预失真处理的输出信号发送给所述数模转换器。

[0017] 一种应用上述的装置实现数字基带预失真处理的方法,包括:

[0018] 反馈通道中的二极管检波器获取发射通道中的功率放大器的输出信号;

[0019] 所述二极管检波器检测得到所述功率放大器的输出信号的包络;

[0020] 反馈通道中的模数转换器对所述包络进行模数转换;

[0021] 反馈通道中的反馈矫正单元对所述模数转换器进行模数转换后输出的信号进行反馈通道的非线性矫正处理;

[0022] 反馈通道中的预失真系数产生器根据获得的装置输入信号的模和所述反馈矫正单元进行非线性矫正处理后输出的信号,得到发射通道的信号失真;

[0023] 反馈通道的预失真器根据所述发射通道的信号失真,对所述装置的输入信号进行数字基带预失真处理。

[0024] 由上述本发明的实施例提供的技术方案可以看出,本发明实施例中,由于二极管检波器反馈的是功率放大器的包络,其不受载波频率的限制和影响,因此,将二极管检波器应用在数字基带预失真的反馈通道中,不需要为了适应高载波频率而额外增加射频器件,又由于二极管检波器的结构简单,不仅减少了反馈通道上射频器件的数量,降低了硬件实现复杂度,减少了功耗,还能够将反馈通道的模拟部分集成到单芯片上。

附图说明

[0025] 为了更清楚地说明本发明实施例中的技术方案,下面将对实施例描述中所需要使用的附图作一简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动性的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0026] 图 1 为本发明实施例提供的装置结构示意图;

[0027] 图 2 为本发明实施例提供的方法流程图;

[0028] 图 3 为本发明实施例提供的获取二极管检波器的矫正系数方法流程图;

[0029] 图 4 为本发明实施例提供的数字基带预失真方法流程图。

具体实施方式

[0030] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0031] 本发明实施例提供一种实现数字基带预失真的装置，其结构如图 1 所示，具体实现结构包括：

[0032] 由数模转换器 101、调制器 102、放大器 103 和功率放大器 104 构成的发射通道；

[0033] 由二极管检波器 105、滤波器 106 和模数转换器 107 构成的反馈通道模拟部分；

[0034] 以及，由预失真器 108、取模单元 109、预失真系数产生器 110、反馈矫正单元 111 构成的反馈通道数字部分。

[0035] 上述本发明实施例提供的装置可以是发射机，也可以是发射机中的部分硬件组成单元。

[0036] 在本发明实施例中，可以利用现有的二极管检波器实现上述装置。

[0037] 下面结合图 1 对本发明实施例提供的装置中，反馈通道各个部分的连接关系及工作原理进行说明：

[0038] 二极管检波器 105 用于获得功率放大器 104 的输出信号的包络；

[0039] 滤波器 106 与二极管检波器 105 连接，用于对二极管检波器 105 获得的上述包络进行滤波处理；

[0040] 模数转换器 107 与滤波器 106 连接，用于对滤波器 106 的输出信号进行模数转换；

[0041] 取模单元 109 用于获得装置的输入信号的模；

[0042] 反馈矫正单元 111 与模数转换器 107 连接，用于获取模数转换器 107 的输出信号，并对模数转换器 107 的输出信号进行反馈通道的非线性矫正处理；

[0043] 预失真系数产生器 110 分别与取模单元 109 和反馈矫正单元 111 连接，获得取模单元 109 的输出信号和反馈矫正单元 111 的输出信号，根据获得的取模单元 109 的输出信号和反馈矫正单元 111 的输出信号得到所述发射通道的信号失真；

[0044] 其中，由于二极管检波器检测出的包络的数学模型可等效为功率放大器 104 输出信号的模。因此，在模数转换器 107 对包络进行模数转换后输出的信号可等效为功率放大器 104 输出信号的模，进而可以与取模单元 109 的输出信号进行比较，获取发射通道的信号失真。

[0045] 预失真器 108 分别与预失真系数产生器 110 和数模转换器 101 连接，用于根据预失真系数产生器 110 输出的发射通道的信号失真，对装置的输入信号进行数字基带预失真处理，并将经过数字基带预失真处理的输入信号发送给数模转换器 101。

[0046] 本发明实施例提供的装置，利用二极管检波器实现数字基带预失真的反馈通道。由于二极管检波器检测的是功率放大器输出信号的包络，不受载波频率高低的影响，且二极管检波器的结构简单，不仅减少了反馈通道上射频器件的数量，降低了硬件实现复杂度，减少了功耗，还能够将反馈通道的模拟部分集成到单芯片上。

[0047] 本发明实施例还提供一种基于上述装置实现数字基带预失真处理的方法，其实现方式如图 2 所示，具体包括如下操作：

[0048] S201、反馈通道中的二极管检波器 105 获取发射通道中的功率放大器 104 的输出信号；

[0049] S202、二极管检波器 105 检测得到功率放大器 104 的输出信号的包络；

[0050] S203、反馈通道中的模数转换器 107 对上述包络进行模数转换；

[0051] S204、反馈矫正单元 111 对上述模数转换器 107 进行模数转换后输出的信号进行

反馈通道的非线性矫正处理；

[0052] S205、预失真系数产生器 110 根据获得的装置输入信号的模和经过反馈矫正单元 111 进行非线性矫正处理后输出的信号，得到发射通道的信号失真；

[0053] S206、预失真器 108 根据上述发射通道的信号失真，对装置的输入信号进行数字基带预失真处理。

[0054] 由于二极管检波器 105 自身具备非线性特性，因此需要对二极管检波器 105 在反馈通道产生的非线性失真进行矫正。为了得到二极管检波器 105 的矫正系数，在 S201 之前，本发明实施例提供的方法还包括：

[0055] 控制功率放大器 104 的输出功率工作在线性区间；获取二极管检波器 105 的非线性失真参数；根据该非线性失真参数得到二极管检波器 105 的矫正系数。上述获取二极管检波器校正系数的一系列操作具体可以由装置中具备运算及控制能力的处理器实现。在获得二极管检波器的矫正系数后，将功率放大器 104 的发射功率调整至非线性区间，使装置正常工作，以便对输入信号进行数字基带预失真操作。相应的，S204 的具体实现方式可以是：反馈矫正单元 111 根据上述二极管检波器的矫正系数，对上述包络中的二极管检波器非线性失真进行矫正处理。

[0056] 下面将对本发明实施例在实际应用过程中的具体实现方式进行详细的说明。

[0057] 结合本发明实施例提供的装置，对数字基带预失真的实现原理进行如下说明：

[0058] 由于信号的线性增益部分对非线性特性不产生影响，而本发明实施例关注的是信号的非线性失真特性，因此，在本发明实施例中，对信号在通道中的状态公式进行了简化，忽略其线性增益部分。

[0059] 装置的输入信号表示为 $I+jQ$ ；

[0060] 该输入信号经过调制器 102 调制后，得到的调制信号的数学模型为 $I\cos \omega t + Q\sin \omega t$ ，其中， ω 为载波角频率；

[0061] 该调制信号经过放大器产生线性增益，并经过功率放大器 103 后，得到的失真信号的数学模型为 $I_d\cos \omega t + Q_d\sin \omega t$ ；

[0062] 理想包络检波器对该失真信号的检波结果应为 $\sqrt{I_d^2 + Q_d^2}$ ，其中，理想包络检波器是指该包络检波器自身不存在非线性失真。

[0063] 设功率放大器的传递函数为 H ，则 $H(I\cos \omega t + Q\sin \omega t) = I_d\cos \omega t + Q_d\sin \omega t$ （公式 1），其中， H 表征了功率放大器的非线性特性。通过已知的 I 、 Q 以及反馈的 $\sqrt{I_d^2 + Q_d^2}$ ，就可以得到传递函数 H ；将 H 的反函数作为预失真器 107 的传递函数，以基于该传递函数对输入信号进行预失真，可以实现对功率放大器非线性失真的矫正。

[0064] 由于二极管检波器 105 并非理想包络检波器，其自身存在非线性特性，将其非线性传递函数表示为 D 。二极管检波器的实际输出信号的数学模型为 $\sqrt{I_1^2 + Q_1^2}$ ，则实际输出信号与理想包络检波器输出信号的关系可表示为 $\sqrt{I_1^2 + Q_1^2} = D(\sqrt{I_d^2 + Q_d^2})$ （公式 2）。为了实现数字基带预失真，需要保证反馈通道不存在非线性失真。在本发明实施例提供的装置中，滤波器 106 及模数转换器 107 均不会产生非线性失真，因此，仅需要对二极管检波器 105 的非线性失真进行矫正。其原理是将 D 的反函数作为矫正系数，对二极管检波器的非线性失真进行矫正。

[0065] 反馈通道总的传递函数必须为线性,如果能够单独提取二极管非线性响应 D,就可以在数字部分加入反馈矫正单元进行矫正。矫正后得到的即为上述理想包络检波器的输出信号。

[0066] 根据上述原理,在进行数字基带预失真处理之前,首先需要获知二极管检波器的矫正系数,以便对反馈通道进行非线性矫正。获取二极管检波器的矫正系数的实现方式如图 3 所示,具体是包括如下操作:

[0067] S301、处理器控制功率放大器 104 的输出功率工作在线性区间;

[0068] S302、二极管检波器 105 获取功率放大器 104 的输出信号的包络;

[0069] S303、滤波器 106 对上述包络进行滤波处理;

[0070] S304、模数转换器 107 对上述滤波处理后的包络进行模数转换;

[0071] S305、处理器获取装置的原始输入信号,以及模数转换器 107 的输出信号,根据上述公式 2 的原理得到二极管检波器 105 的非线性传递函数 D,D 就是二极管检波器的非线性失真参数;

[0072] 其中,由于功率放大器 104 工作在线性区间,因此功率放大器 104 不产生非线性失真,二极管检波器 105 检测到的包络的数学模型为 $\sqrt{I^2 + Q^2}$,实际输出信号与理想包络检波器输出信号的关系可表示为 $\sqrt{I_i^2 + Q_i^2} = D(\sqrt{I^2 + Q^2})$ 。

[0073] S306、处理器根据 D 得到二极管检波器 105 的矫正系数;

[0074] S306、处理器将得到的矫正系数下发给预失真系数产生器 110。

[0075] 得到了二极管检波器的矫正系数后,即可将控制功率放大器 104 的输出功率调整到非线性区间,以进行数字基带预失真处理,其具体实现方式如图 4 所示,具体包括如下操作:

[0076] S401、处理器对装置的输入信号以及反馈通道的反馈信号进行时间同步;

[0077] S402、输入信号经过数模转换器 101 进行数模转换、调制器 102 的调制、放大器 103 产生线性增益之后,进入功率放大器 104 进行功率放大;

[0078] S403、二极管检波器 105 获取功率放大器 104 输出信号的包络;

[0079] S404、上述包络经过滤波器 106 滤波、模数转换器 107 进行模数转换后进入反馈矫正单元 111;

[0080] S405、反馈矫正单元 111 根据保存的矫正系数,对 S404 中输入反馈矫正单元 111 的信号进行反馈通道的非线性矫正处理,以得到仅包括功率放大器非线性失真特性的信号;

[0081] S406、预失真系数产生器 110 根据取模单元 109 输出的装置输入信号的模,以及反馈矫正单元 111 输出的信号,得到发射通道的信号失真,并将该发射通道的信号失真发送给预失真器 108;

[0082] 该信号失真可用包络误差表示: $e(n) = \sqrt{I_i(n)^2 + Q_i(n)^2} - \sqrt{I(n)^2 + Q(n)^2}$ 。

[0083] S407、预失真器 108 根据装置输入信号的模、以及发射通道的信号失真,自适应地迭代发射通道的预失真系数,进而根据预失真系数进行数字基带预失真处理。

[0084] 其中,设预失真器 108 的输入输出模型为 $V_0(t) = \sum_{n=0}^{\infty} W_n V_i^n(t)$,其中,系数矩阵 W_n

为优化变量,包络误差的代价函数为 $J(n) = E(/e(n)/^2)$, 则预失真器 108 通过迭代 $W_n(n+1)=W_n(n)+u * \nabla J(n)_n$, u 为迭代步长, 获得最优的预失真系数。

[0085] 实现上述方法实施例的全部或部分步骤可以通过程序指令相关的硬件来完成,前述的程序可以存储于一计算机可读取存储介质中,该程序在执行时,执行包括上述方法实施例的步骤;而前述的存储介质包括:ROM、RAM、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。

[0086] 以上所述,仅为本发明较佳的具体实施方式,但本发明的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内,可轻易想到的变化或替换,都应涵盖在本发明的保护范围之内。因此,本发明的保护范围应该以权利要求的保护范围为准。

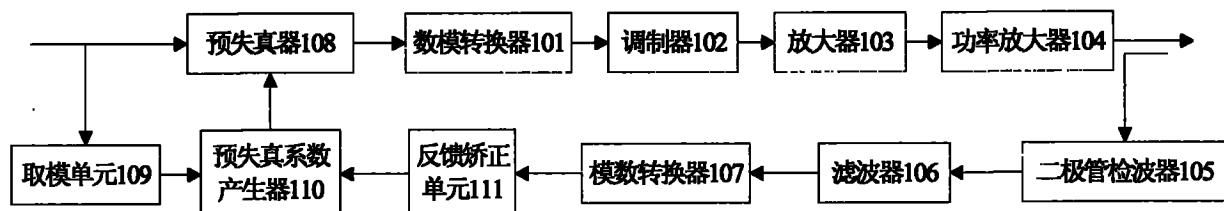


图 1

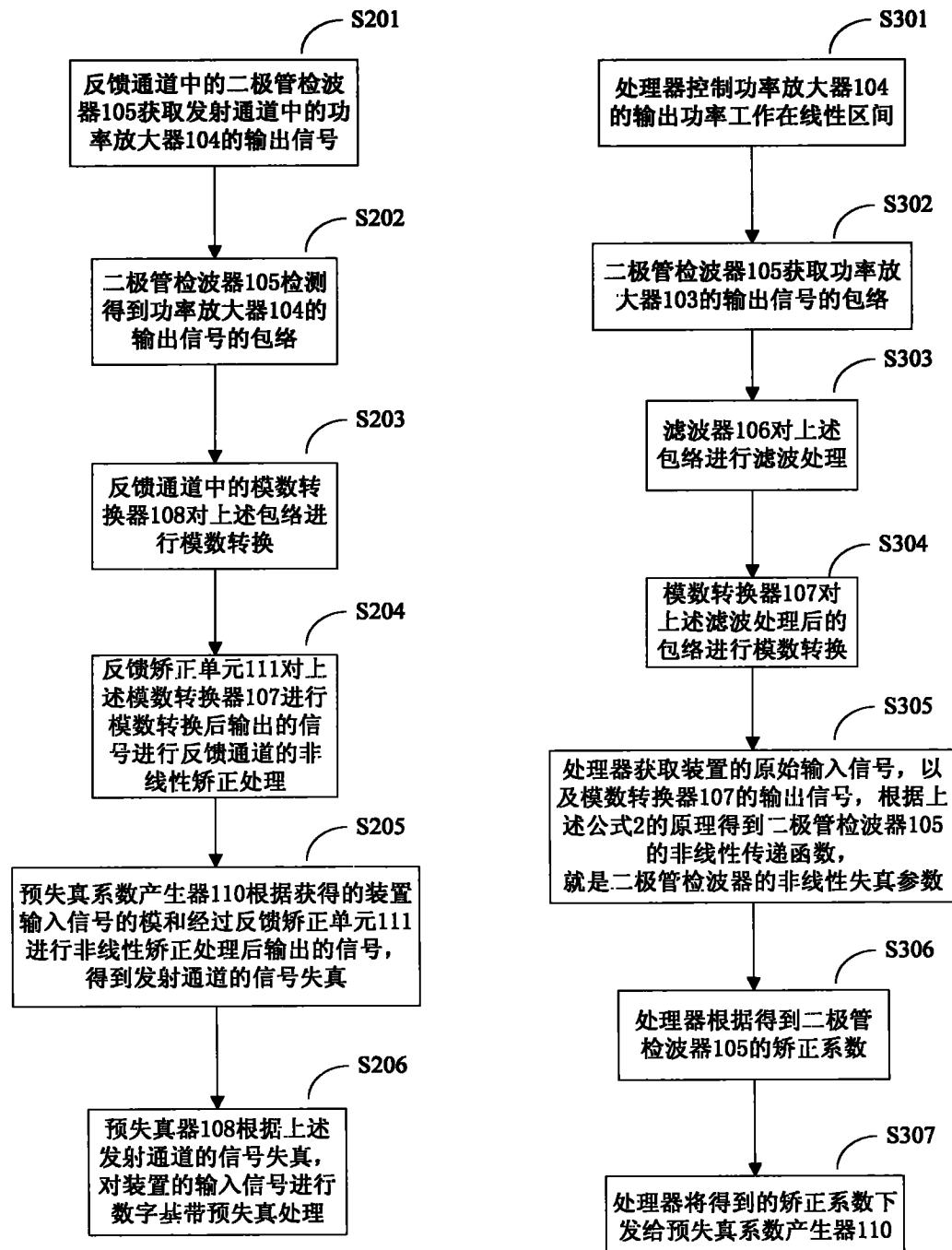


图 2

图 3

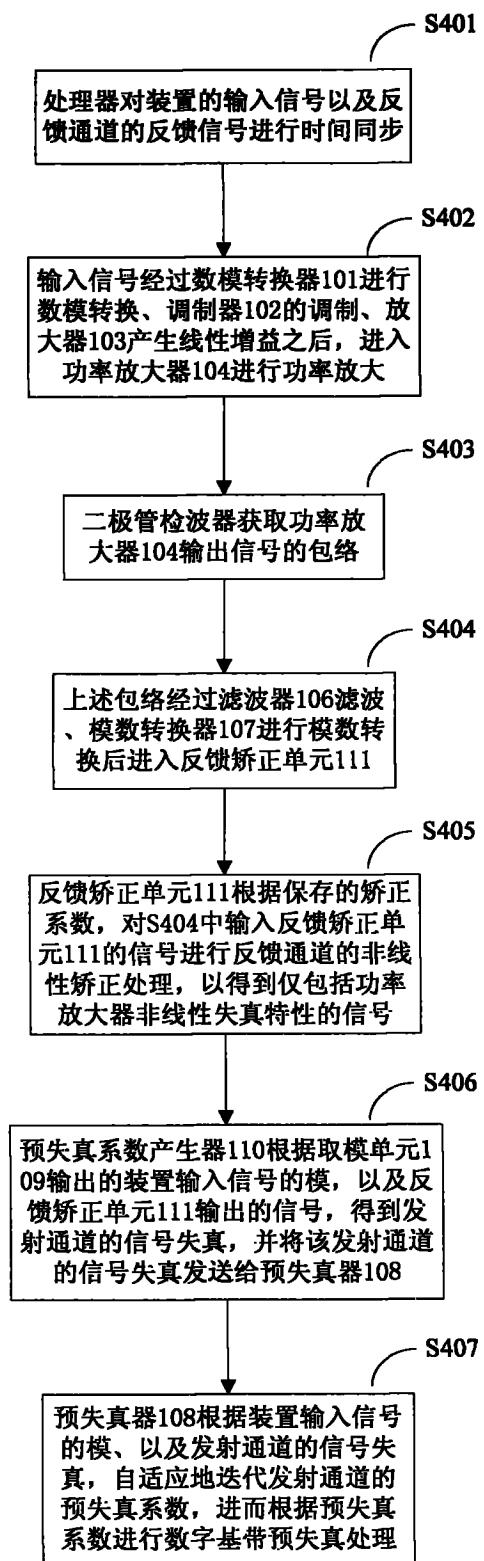


图 4