

[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 91112811.5

[51]Int.Cl⁵

H03F 1/32

[45]授权公告日 1994 年 4 月 13 日

[24]颁证日 94.1.16

[21]申请号 91112811.5

[22]申请日 91.12.17

[30]优先权

[32]90.12.17[33]US[31]628,539

[73]专利权人 摩托罗拉公司

地址 美国伊利诺斯

[72]发明人 马克·G·奥伯梅恩

詹姆斯·F·劳恩

[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 乔晓东

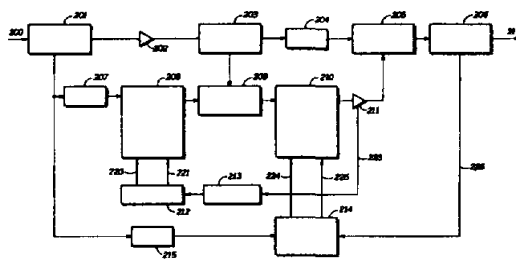
说明书页数:

附图页数:

[54]发明名称 正馈失真最小化电路

[57]摘要

一正馈失真最小电路，它接收一输入信号（200，300），并沿着两条信号通路发送该输入信号。一条通路，主信号通路，它包括一失真发生器（202，302），例如产生具有一失真分量的输出信号的功率放大器。另一条通路，正馈信号通路，它包括一延迟线（207，307），响应于输入信号（200，300），用于馈送无失真的正向输入信号。来自该失真发生器（202，302）的该输出信号同正馈输入信号（来自 207，307）相结合，以便形成实质上代表该失真分量（来自 202，302）的误差信号（在 209，309）。一反馈电路被用来检测（在 213，313）同该误差信号的信号强度成正比的一直流电流，并去调节（在 208，308）在该正馈或主信号通路中的信号的幅度和相位，以便降低该误差信号的载波失真比。其后，该误差信号（来自 211，311）从该主信号通路中被消除，以抵消在其中的任何失真分量。



权 利 要 求 书

1. 一种正馈失真最小化电路包括:

用于接收一输入信号的装置;

一主信号通路,它具有响应该输入信号的失真产生装置,用于产生具有一失真分量的一输出信号;

一正馈信号通路,用于没有失真地馈送该正向信号;

用于该失真产生装置的输出信号同一正馈输入信号相结合的装置,以形成一实质上代表该失真分量的误差信号;

其特征在于还包括:

检测装置,可耦合到该结合的装置,用于检测在误差信号中的正比于整个载波能的一直流电流;

响应该被检测信号的反馈电路装置,用于至少在一个信号通路中调节该信号的幅度和相位,以便降低该误差信号的载波失真比。

2. 根据权利要求1的该正馈最小化电路,其特征在于该检测装置(213,313)检测同该误差信号的载波能分量成正比的一 RF 电压。

3. 根据权利要求1的正馈最小化电路,其特征在于该反馈电路装置至少包括该检测装置(213,313),响应于该检测装置的一控

制电路装置(212, 312), 和响应于该控制电路装置的一相位和增益调节器(208, 308), 以用于调节在至少一个信号通路中的信号的幅度和相位。

4. 根据权利要求1的该正馈最小化电路其特征在于还包括:

电路装置(214, 314), 它响应正比于主信号通路输出(217, 317)中整个失真能的一信号的检测, 用于调节该误差信号的幅度和相位, 从而当该误差信号从该主信号通路中被消除时, 实质上所有失真都被抵消。

5. 根据权利要求4的该正馈失真最小化电路, 其特征在于该电路装置(214, 314)还包括:

用于检测在该主信号通路输出中的正比于整个失真能的信号的检测装置(411)。

6. 具有一失真最小化电路的一正馈放大器包括:

用于接收一输入信号的装置;

一主信号通路, 它具有响应于该输入信号的失真产生装置, 用于产生具有一失真分量的一输出信号;

一正馈信号通路, 用于没有失真的馈送正向输入信号;

用于将该失真产生装置的输出信号同正馈输入信号相结合的装置, 以形成实质上代表该失真分量的误差信号;

其特征在于还包括:

用该结合装置相耦合的放大装置, 用于提供放大的误差信号

输出；

可同该放大的主差信号输出耦合的检测装置，用于检测由该放大装置形成的并与该误差信号中的整个载波能成正比的一直流电流；

响应于该检测装置的反馈电路装置，用于在至少一个信号通路中调节信号的幅度和相位，以便降低该误差信号的载波失真比；

用于响应在该主信号通路输出中被检测的失真的电路装置，用于调节该误差信号的幅度和相位，从而当该误差信号从该主信号通路中被消除时，实质上所有失真都被抵消。

7. 根据权利要求 6 的该正馈放大器，其特征不在于该电路装置还包括：

用于检测在该主信号通路输出中的正比于整个失真能的辅助误差信号的装置；和

响应于该被检测的辅助误差信号的装置，用于调节该误差信号的幅度和相位。

8. 用于使由功率放大器产生的失真最小的方法，其步骤包括：

接收一输入信号；

提供具有响应于该输入信号的一功率放大器的一主信号通路，用于产生具有一失真分量的一输出信号；

提供一正馈信号通路，用于没有失真地正向馈送输入信号；

使该功率放大器输出信号同正馈输入信号相结合，以形成实

质上代表失真分量的一误差信号；

检测在该误差信号中成正比整个载波能的一直流电流；

响应该检测，至少一个信号通路中调节该信号的幅度和相位，以便降低该误差信号的载波失真比；

检测在该主信号通路输出中的正比于整个失真能的一信号；
和

响应该失真检测，调节该误差信号的幅度和相位，从而当该误差信号从该主信号通路中被消除时，实质上所有失真都被抵消。

说 明 书

正馈失真最小化电路

本发明涉及正馈失真最小化电路，特别是本发明涉及正馈失真最小化电路并将其应用于射频（RF）功率放大器。

射频功率放大器应用于通信及其它电子应用的各种宽阔领域内，这些放大器由一个或多个级连放大器组成，其中每一级将加到该级输入端的信电平进行放大，其增量就是已知的该级的增益。在理想情况下，每级从输入到输出的传输是线性的，幅度被放大的输入信号的完善复制信号呈现在放大器的输出端。实际上，无论如何所有 RF 功率放大器在其传输特性上具有一定程度的非线性，这种非线性其结果导致输出信号失真，以至于输出信号不再是输入信号的完美复制信号。这种失真产生称为交叉调制分量的寄生信号分量。交叉调制分量是不希望的，因为它能在该利用 RF 功率放大器系统的性能上引起干扰，串音和其它有害作用。相应地，现的技术是反映为降低在 RF 功率放大器运行期间所产生失真而设计的各种方法和装置。通常提供的方法是予矫正和正馈。

予矫正是利用能产生类似于由某一功率放大器所产生的失真的辅助失真信号的辅助失真信号源，该辅助失真信号被加于该功率放大器的输入，以校正增益和相位，从而使在该功率放大器输出端抵消失真。这一方法要求两个不同信号源的失真特性匹配，并从而限制其中能被获得的校正量。

正馈方法没有这种限制，由于它分离出由功率放大器所产生的失真，并将其返回加到该功率放大器的输出，调节增益，相位和延迟，达到最大程度的抵消。利用正馈降低失真量是有效的，其限制仅在于该增益和相位调节的精度及该主放大器 and 该误差放大器传输功能之间的校正。

参照图 1A，这里以方框图的形式示明一种现有技术的正馈系统。分离器电路 12 分离在输入 11 的该输入信号：一部分被送入功率放大器 14，另一部分经由通路 15 送入抵消电路 18。来自功率放大器 14 的输出包括由于该输入信号的放大而引起的失真分量。取自定向耦合器 16 的该功率放大器 14 的输出信号的一部分送入抵消电路 18。在输入通道 15 上的输入信号的增益，相位和延迟由固定的增益，相位和延迟调节器所调节，以便当同来自定向耦合器 16 的该信号相结合的时候，输入信号的那一部分被抵消，在通道 19 上得到失真分量，该失真分量由固定的增益，相位和延迟调节器所调节，以便在定向耦合器 10 处，当该失真分量同该功率放大器输出相结合的时候，使该合成的输出信号是没有失真的。但是采用这一方法的问题是，无论如何在于利用的是固定增益，相位和延迟的调节器，它妨碍了对应于操作点的变化，例如输入信号偏差，电压偏差以及温度波动这些变化去调节增益和相位参数的能力。

参照图 1B，这里示明的是试图克服上述缺点的正馈系统的另一现有技术。试验信号或领示信号经由耦合器 30 引入到功率放大器 24 的主信号通路。在放大器输出检测到的该领示信号的幅度被自动控制电路 32 用于调节在输入通道 29 上的信号的增益和相位，以便既消除领示信号，又消除由该功率放大器 24 所导

致的失真。采用这种手段的问题是，被引入的领示信号占用该系统带宽的一部分，该系统带宽另外也会由载波所使用，从而降低了该系统源的有效利用，这样，轮流有害地冲击系统。另外，在图 1B 中的实施例仍然是利用固定的增益、相位和延迟调节器去提供载波抵消。

参照图 1C，表示的仍然是正馈系统的另一现有技术，它被设计成接收在规定的频率范围内至少具有一个载波信号的一个输入信号。这一输入信号提供给第 1 和第 2 电路通路，该第一电路通路具有一功率放大器 110，它接收该输入信号并产生具有一失真分量的输出信号；该第 2 电路通路被设计成延迟该没有失真的输入信号。来自该第 1 电路通路的该信号的一部分同该第 2 电路通路的该被延迟的信号相结合，以形成由该功率放大器 110 所产生的代表失真的信号，然后，从该第 1 电路通路输出中扣除代表失真的该信号，从而消除在其中的失真分量。

为保证移去最大的失真，采用一窄带扫描接收器的控制电路，在整个规定的频率范围内，扫描该代表失真的信号，以便确定载波信号。一旦确定一个载波信号，该被检测到的载波信号的幅度，经由窄带接收器 150 提供给控制器 140。然后控制器 140 修改该振幅和相位校正器 105 的幅度和相位参数，以便驱动该载波分量，其中抵消电路 115 的输出至最小。其后，在整个规定的频率范围内，控制器 140 扫描该第 1 电路通路输出 132，以检测交叉调制成分，一旦交叉调制成分被检测到后，幅度和相位调节器 122 的参数由控制器 140 修改，以便使呈现在该第 1 电路通路输出处的交叉调制成分到最小。

采用这一手段的问题是从一开始就相当复杂，对于代表载

波信号的频率的扫描过程或交叉调制成分需要使用高选择扫描接收电路，该电路增加复杂性，以及增加对正馈误差检测和校正电路的耗费。另外，就其复杂性而言，这种手段，对于在整个大系统频带内提供足够的载波抵消，从本质上是沒有能力的，特别是当同时接收两个或多个载波，要求不同的相位和增益调节，以得到适当抵消时。此外，扫描技术对于所有形式的相关的干扰，例如同信道干扰和相邻信息干扰可能都是薄弱的，对所希望的信号可能弄错，并从而引起该系统的错误响应。这固有弱点产生关于扫描型正馈校正电路及其寿命问题，其中一种场合由相关干扰的高电平来表征。

因此对于提供正馈失真最小化电路是非常有利的，它将连续地，精确地和有效地执行增益和相位调节，从而改进和保持该功率放大器的交叉调制性能，避免现有技术的缺点。

简洁地描述的本发明是一能接收一输入信号并沿两条信号通路发送该输入信号的正馈失真最小化电路。一条通路，即主信号通路，它包括一失真发生器，例如能产生输出信号具有失真分量的功率放大器；另一条通路，即正馈信号通路，它被用于正向传输没有失真的输入信号。来自该失真发生器的输出信号，经由组合电路与正馈信号相结合，以形成一代表该失真分量的误差信号。然后用检波器检测误差信号中的总的载波能量。接着，反馈电路响应该被检测的信号，调节在该正馈或主信号通路中的信号的幅度和相位，以降低误差信号的载波失真比。

相应于本发明的一个方面是，该检测器检测在误差信号中与载波能量成正比的一直流电流电平；相应于本发明的另一方面是 1 该检测器检测 RF 电压电平；相应于本发明的再一方面

是，该公开的正馈电路检测在一辅助误差信号中与整个交叉调制能量成正比的信息。相应地，该误差信号的幅度和相位被调节，以便当该误差信号从主信通道中被消除时，所有失真实质上被抵消了。

本发明的第一个优点是，载波抵消和交叉调制抵消这两者由误差信号的整个能谱检查所控制，而不是由如在现有技术中的被引入的领示信号或扫描接收器检测所控制。

本发明的第二个优点是，这样检测有可能达到精密抵消而不管该被接收载波的频率、带宽、幅度或数量。

图 1A，1B 和 1C 示明相应现有技术的正馈失真抵消电路；

图 2 所示为相应于本发明的正馈最小化电路的第 1 实施例；

图 3 所示为相应于本发明的正馈最小化电路的第 2 实施例；和

图 4 是图 2 和图 3 中该 2M 控制器的详细方框图。

参照图 2，这里以方框图形式示明了对应本发明的正馈最小化电路的第 1 实施例。可以包含多个 RF 载波的复合信号 200 由定向耦合器 201 在两个信号通路之间传送。其中一个信号通路，即主信号通路，该输入信号在主放大器 202 中被放大并通过定向耦合器 203，延迟 204 和定向耦合器 205 及 206 直接到输出 217。如前所述，失真和交叉调制分量可以由主放大器 202 引入，因此，在该图 2 中的电路被设计成在输出 217 之前实质上消除所有的失真和交叉调制。

对于本设计计划，输入信号 200 由该正馈信号通路的延迟电路 207 所延迟，然后，由相位和增益调节器 208 所调节的相

位和增益没有任何失真地被引入。延迟 207 的时间延迟被设置成用于补偿通过主放大器 202 和定向耦合器 203 的信号延迟。然后，定向耦合器 203 和 209 允许具有失真分量的该信号的一部分同正馈输入信号相结合，如果正馈输入信号的幅度和相位调节适当，则该来自定向耦合器 203 的该已被放大的信号的载波分量将抵消该正馈输入信号的载波分量，结果在定向耦合器 209 输出端产生代表由主放大器 202 引入的失真分量，这个过程被经常认为是载波抵消。

此后，该误差信号的幅度和相位在幅度和相位调节器 210 中被修改并在误差放大器 211 中被放大，然后按指定路径发送到定向耦合器 205，在定向耦合器 205 中它被从主放大器并经过定向耦合器 203 和延迟 204 的输出中消除。该延迟 204 的时间延迟被设置成能补偿通过定向耦合器 209，增益和相位调节器 210 和误差放大器 211 的该信号延迟。如果适当调节该误差信号的幅度和相位，由主信号通路的失真分量将被抵消，结果是在该主信号通路输出 217 处得到一纯净信号。

为实现消除最大失真，增益和相位调节器 208 必须首先被控制以产生一纯净误差信号，即一个实质上代表由主放大器 202 所造成的失真的一个误差信号。对应于本发明，披露一个采用误差放大器 211，检测器 213，控制器 212 和增益和相位调节器 208 的反馈电路。该反馈电路监视该载波抵消的性能并提供增益和相位调节器 208 的动态控制，以降低该载波对该误差信号的失真比，从而确保该误差信号实质上再现由主放大器 202 引入的失真分量。

在操作中，在连线 223 上的放大的误差信号由检测器

213 检测。在一实施例中，检测器 213 是一直流检测器，它检测由误差放大器 211 形成的直流。由误差放大器 211 所形成的电流是进入该误差放大器的 RF 能量总和的函数，并与在该误差信号通带内的总的载波能量成正比。在操作期间，进入误差放大器 211 的 RF 能量越大，则由那个放大器所形成的电流总量也越大。当被检测的直流电流表明在该误差信号中有足够的载波能量时，检测器 213 提供一个指示给控制器 212。相应地，控制器 212 经由控制线 220 和 221 修改增益和相位调节器 208 的幅度和相位参数，从而调节在该正馈信号通路中的信号的幅度和相位，改进在耦合器 209 输出端的载波抵消程度。该已被检测的由误差放大器 211 形成的直流电流，提供有价值的信息用于监视本发明如何有效完成载波抵消，而不管在输入信号 200 中被接收载波的频率，带宽，幅度或数量。

在另一实施例中，检测器 213 是 RF 电压检测器，它检测在连线 223 上从误差放大器 211 的输出采样的 RF 电压电平。在该连线 223 上的 RF 电压正比于在该误差信号通带内的该载波能量。当在连线 223 上的被采样的 RF 电压足够高时，检测器 213 提供一指示给控制器 212。相应地，检测器 212 经由控制线 220 和 221 将修改增益和相位调节器 208 的幅度和相位参数，从而调节在该正馈通路或主信号通路中的信号的幅度和相位，以降低该误差信号的载波失真分量比。如前面讨论的，该幅度和相位调节保证本发明提供一实质上纯净的误差信号，然而必须保证在该主信号通路输出端恰当地抵消任何交叉调制 (IM) 分量。

相应于本发明，所披露的一交叉调制抵消电路是采用误差

放大器 211, 定向耦合器 205 和 206, IM 控制器 214 及增益和相位调节器 210。该电路被设计成由监视该正馈电路的交叉调制性能来达到最大的失真抵消, 并相应地提供增益和相位调节器 210 的动态控制。

在操作中, 该误差信号的幅度和相位在增益和相位调节器 210 中被修改, 由误差放大器 211 放大, 并按指定路径送到定向耦合器 205, 在那里在通过定向耦合器 205 的该主放大器的输出中被消除, 以便从该主信号通路中移除所有失真。为保证最大的失真抵消, 从定向耦合器 206 中取出该主放大器输出信号的一部分并按规定路径送到 IM 控制器 214。该输入信号 200 的一部分由延迟电路 215 延迟, 然后送到 IM 控制器 214。如果该误差信号的幅度和相位适当被调节, 则 IM 控制器不会在连线 226 上检测到失真, 假设连线 226 上具有足够能量的失真分量, 则该 IM 控制器将经由控制线 224 和 225 修改该增益和相位调节器 210 的幅度和相位, 从而调节该误差信号的幅度和相位, 以驱动在连线 226 上的失真到最小。值得注意的是, 该在图 2 中披露的正馈电路所提供的失真最小化不使用低效率的领示音调信号 (pilot tone signals) 不用附加耗费和复杂的同现有技术扫描接收器结构相结合的电路。

参照图 3, 所示明的是本发明正馈最小化电路的另一实施例方框图。对应于图 3, 主信号通路包括定向耦合器 301, 增益和相位调节器 308, 主放大器 302, 定向耦合器 303, 延迟 304 及定向耦合器 305 和 306, 它们的操作同图 2 所描述的相对应。图 3 所披露的反馈电路的一个例外是包括增益和相位调节器 308, 它的主信号通路中提供信号的动态控制, 以便调节载波抵

消性能。它会被精通本技术领域的人所赞赏，然而在图 3 中所披露的修改过的反馈电路仍然是在一误差信号中检测该整个载波能量以监视载波抵消的操作。

图 3 中的正馈信号通路包括延迟 307，定向耦合器 309，增益和相位调节器 310 和误差放大器 311。图 3 中的正馈信号通路，除了该同载波抵消相结合的增益和相位调节的产生基本上不同于正馈信号通路外，其操作的有关方面都同图 2 所述一样。

图 3 中 IM 控制器 314 同图 2 中的 IM 控制器相同，它会被精通本技术领域的人所理解，因此关于 IM 控制器的下述讨论，对图 2 和图 3 都是适用的。

图 4 所示是关于图 2 和图 3 中 IM 控制器的详细方框图。在操作中，该 IM 控制器从延迟线 215 或 315 接收一输入，该被延迟的输入信号由放大器 400 放大并按指定路径送到定向耦合器 401。与此同时，该 IM 控制器在连线 226 或 326 从该主信号通路的输出接收一输入信号，该信号的增益和相位由增益和相位调节器 404 调节，然后经由延迟 402 和定向耦合器 403 同该已被放大的输入信号相结合，以便完成第 1 载波分量抵消。该合成的辅助误差信号的增益和相位由增益和相位调节器 406 调节。此后，该辅助误差信号 S_1 被发送到定向耦合器 407，在这里同取自定向耦合器 401 并由延迟电路 405 延迟的该已被放大的输入信号的一部分相结合。在定向耦合器 407 处这些信号的结合代表第 2 或级联载波抵消回路。

在大部分情况下，在一个载波抵消操作之后，该在辅助误差信号能谱中的载波能仍然超过该交叉调制成分信号能，然而，为从该载波信号中完全排除该交叉调制成分，进行第 2 载波抵

消操作，以便降低该载波信号能至少到该交叉调制成分能的水平。

定向耦合器 407 的输出被标示为 S_2 。 S_2 实质上是代表一个在主信号通路输出处的失真能的辅助误差信号，并且不得与本发明的正馈信号通路中产生的误差信号相淆， S_2 由控制器 412 用于控制该第 2 抵消回路的增益和相位调节器 406。

在操作中，辅助误差放大器 410 在检测器 411 检测之前建立 S_2 的信号电平。在优先选用的检测器 411 的实施例是二极管检测器，例如肖特基型二极管检测器，它能对应来自辅助误差放大器 411 的已被放大的信号提供直流电压。实际上检测器 411 可以是能检测同 S_2 的信号强度成正比的信号的任何检测器，例如放大检测器，直流电流检测器和 RF 电压检测器。根据辅助误差信号 S_2 的检测，检测器 411 用被检测的 RF 总能量的指示提供给控制器 412。由于该 RF 能量是一不希望有的信号 S_2 的分量，控制器 412 被设计成进一步去调节增益和相位调节器 406 的增益和相位参数，以便降低来自第 1 抵消回路的辅助误差信号的载波失真比。重要的是，控制器 412 利用检测器 411 输出去调节相应于图 2 和图 3 中的增益和相位调节器 210 和 310 的增益和相位参数，从而调节该误差信号的幅度和相位，以驱动在连线 226 上或 326 上的交叉调制成分到最小。

按同样方式，误差信号 S_1 同辅助放大器 408，检测器 409 和控制器 412 结合操作控制增益和相位调节器 404 的增益和相位参数，以保证在第 1 载波抵消回路持续过程中得到最大的载波抵消。与此相应，在图 2、3、4 中描述的 IM 控制器的基本目的是在该主信号通路输出中适当离析该交叉调制成分（失真），以

便使已被披露的正馈最小化电路达到最佳的交叉调制性能。

本发明已参照实施例加以描述，对精通本技术领域的人是明显的，无论如何，不用脱离本发明的精神和范围可以做出多种修改和改变，例如图 2 和图 3 描述的电路，其中所用单个载波抵消回路，它可由精通本技术领域人理解为嵌套的或级联的载波抵消回路，类似于图 4 所披露的那样，都是明显的对实施例的改进，同样图 4 中所披露的级联载波抵消电路也容易转换成单回路结构。

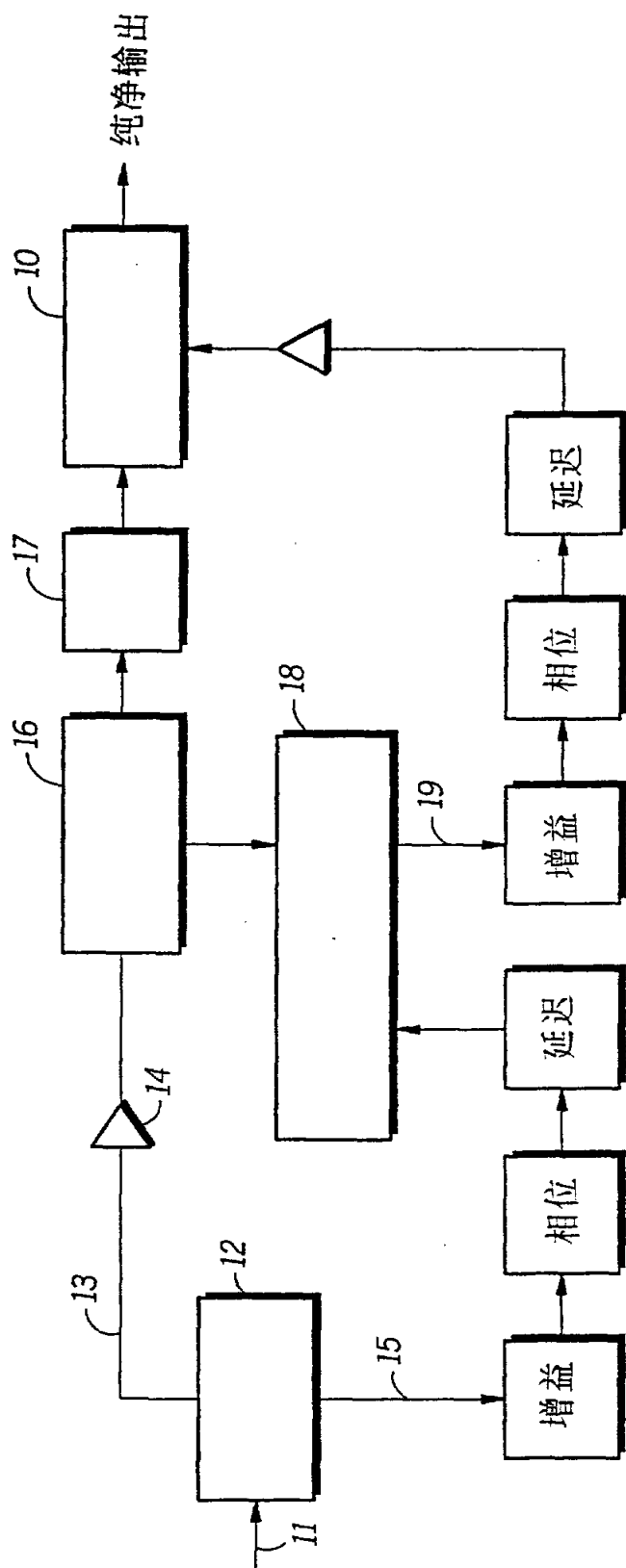


图 1A

现有技术

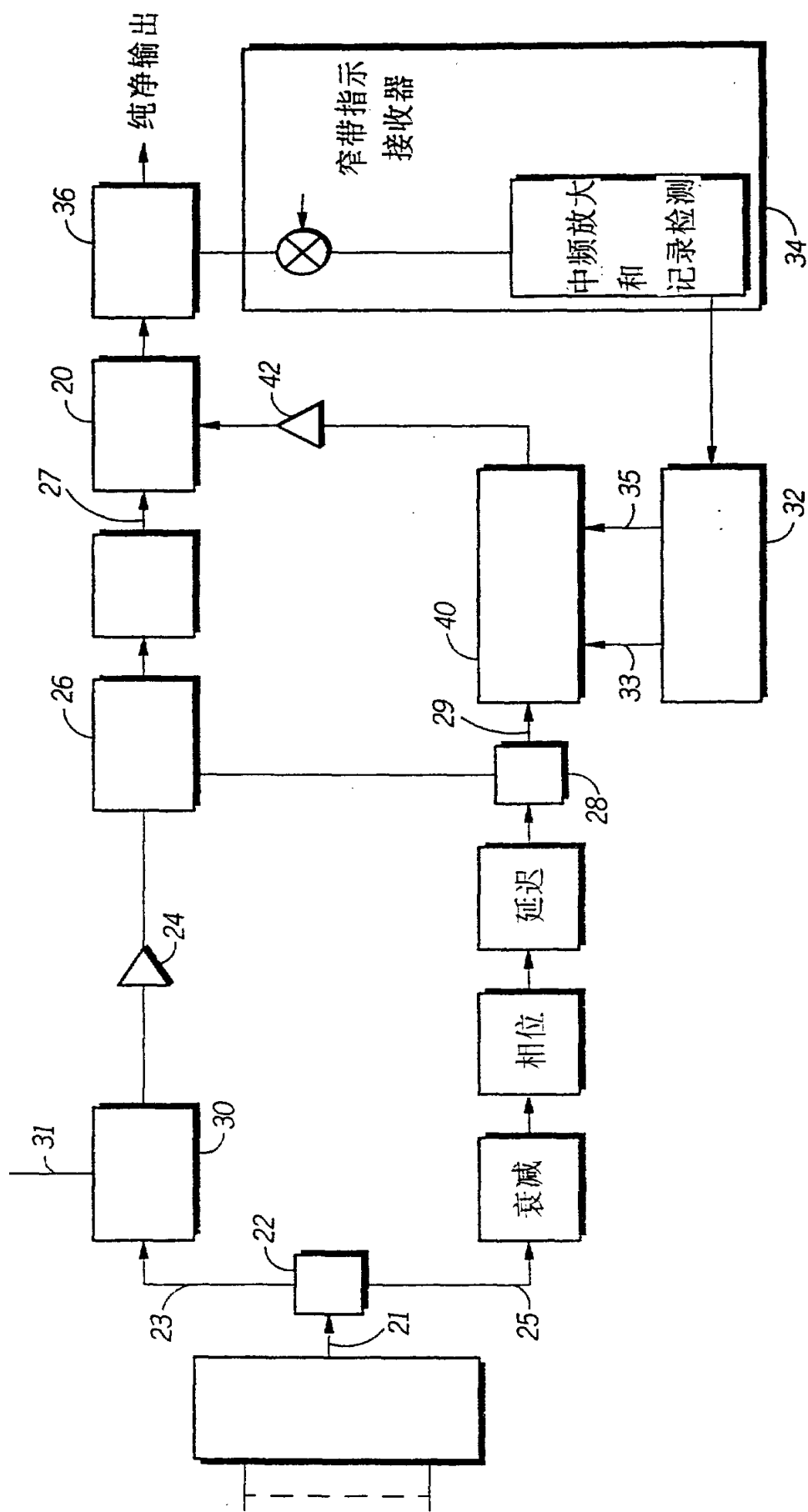


图1B

现有技术

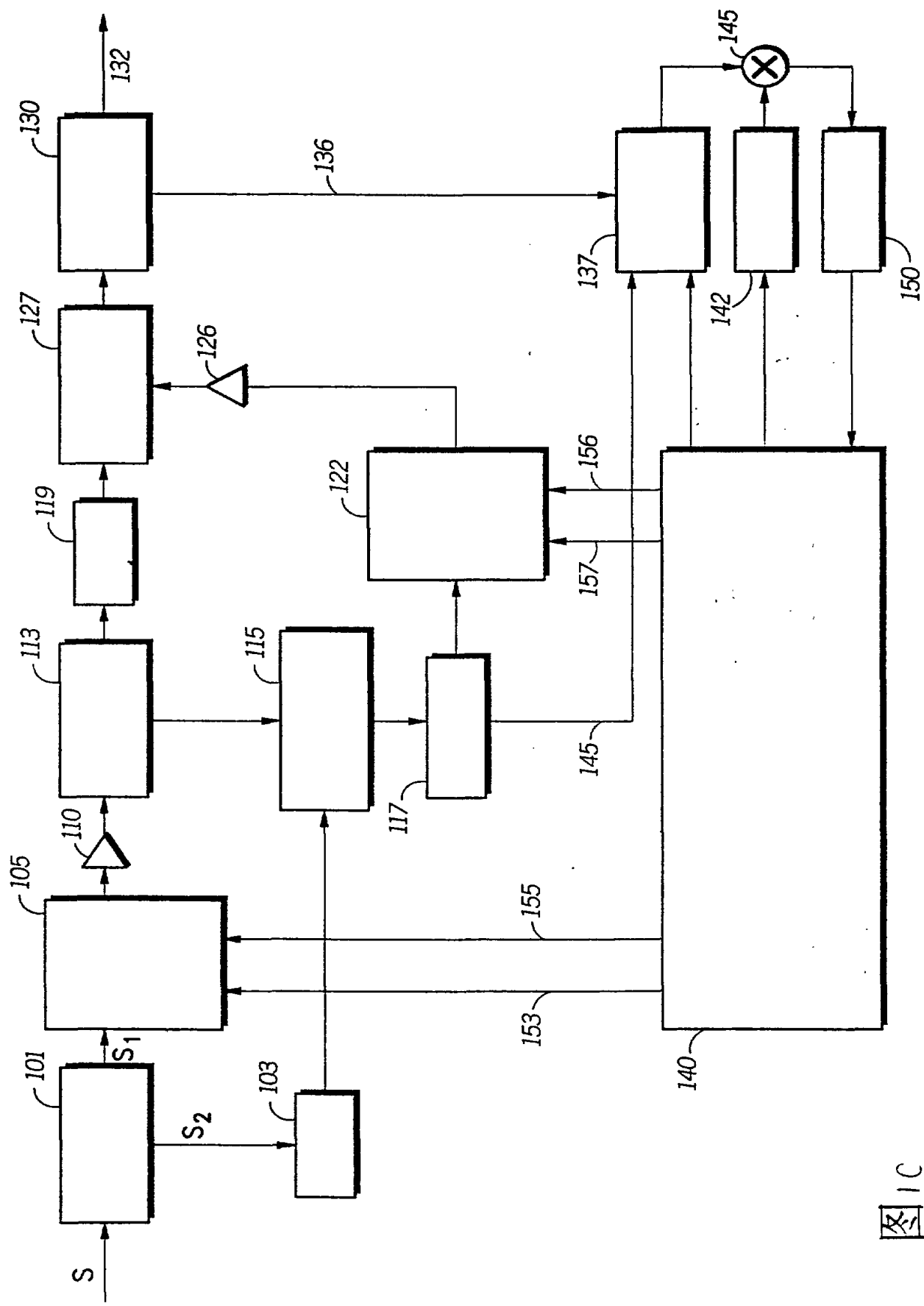


图 1C

现有技术

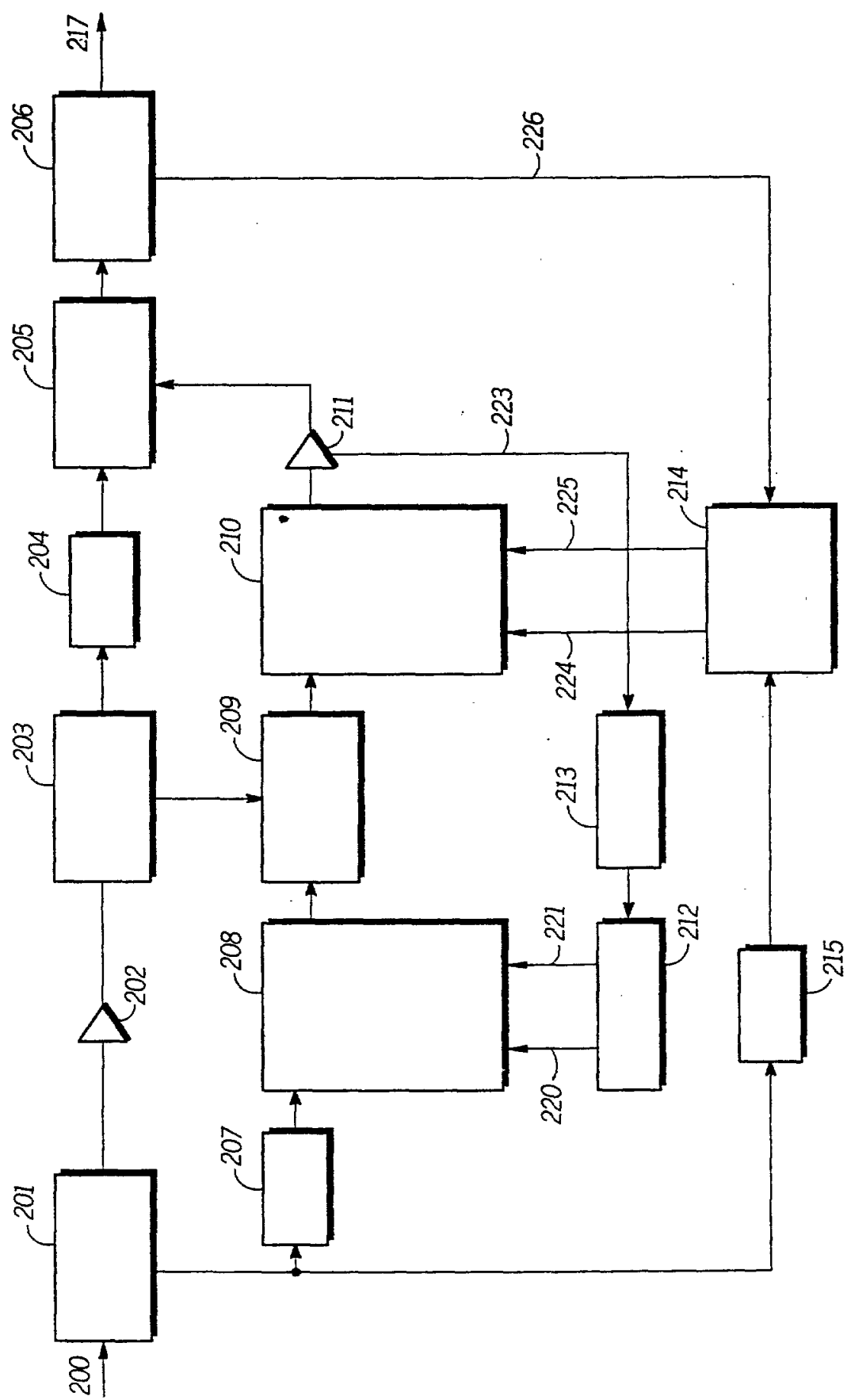


图 2

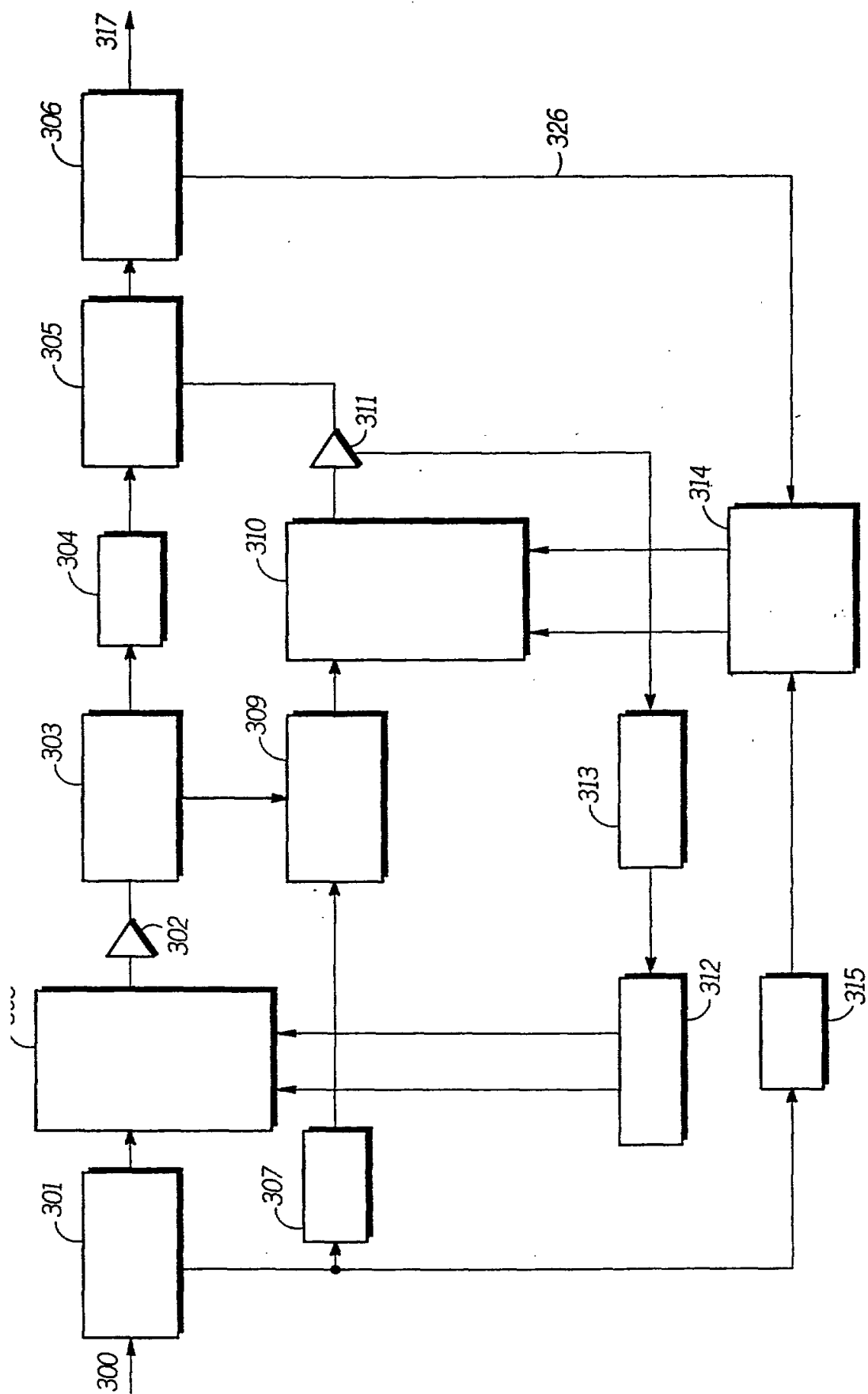
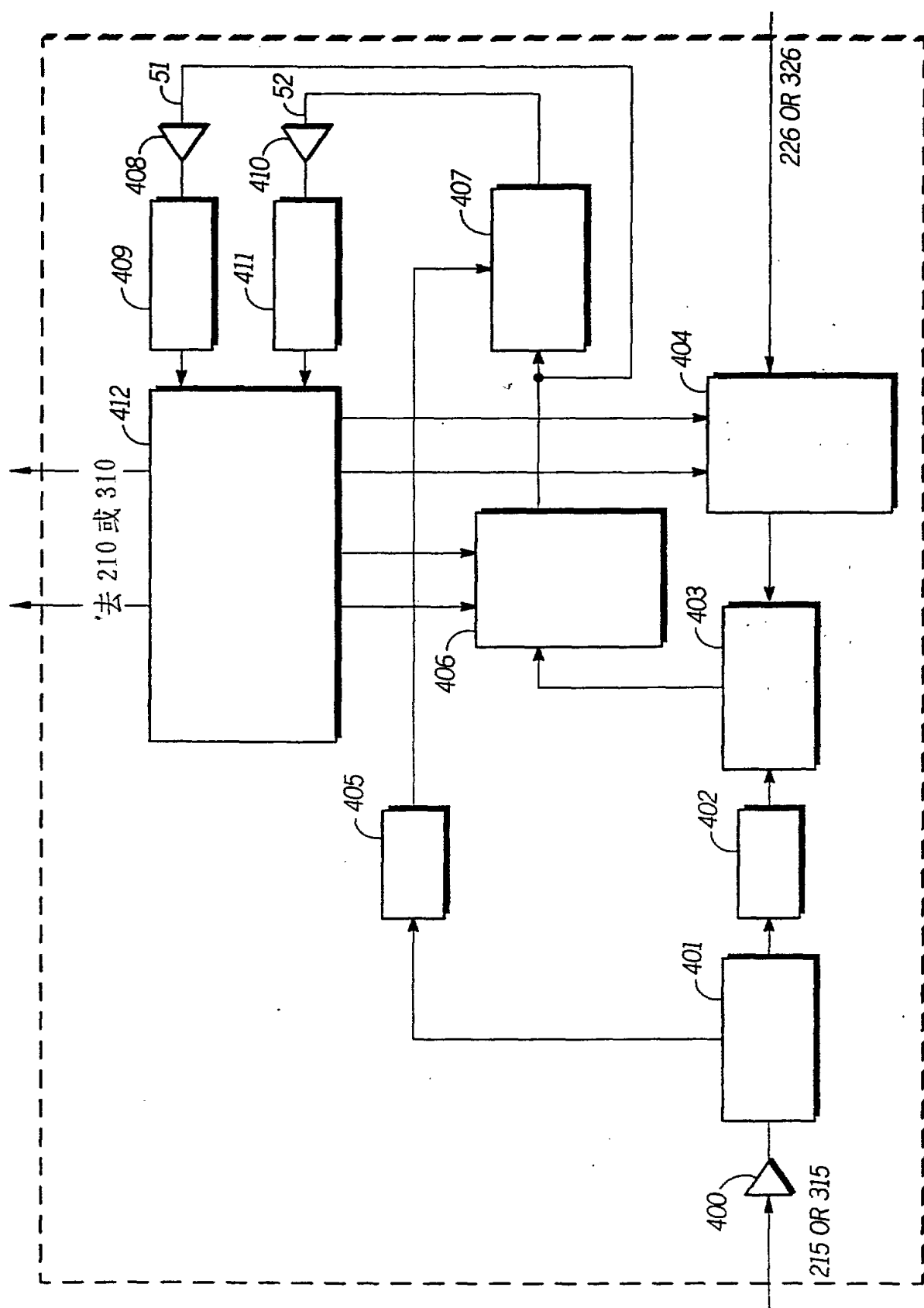


图 3



4

4