

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl<sup>7</sup>

H04Q 7/30

H04B 1/06



# [12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 99117043.1

[43] 授权公告日 2003 年 2 月 19 日

[11] 授权公告号 CN 1102012C

[22] 申请日 1999.8.21 [21] 申请号 99117043.1

[71] 专利权人 深圳市中兴通讯股份有限公司

地址 518057 广东省深圳市南山区高新技术产业园科技南路中兴通讯大厦

[72] 发明人 陈尚文 朱晓冬 史天任 叶四清

朱小红

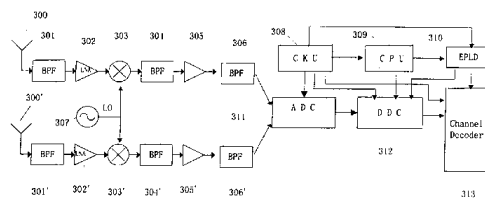
审查员 王志伟

权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图 3 页

[54] 发明名称 GSM 基站单载频分集接收机

[57] 摘要

一种 GSM 基站单载频分集接收机，包括由射频部分和中频部分，接收预处理部分和信道解码部分；预处理部分包括：ADC，DDC，CKU，CPU，EPLD。其中 DDC 包括：复数 NCO 和数字正交混频单元，CIC 抽取滤波器，FIR 抽取滤波器，输出数据格式转换单元。本发明采用软件对系统的参数和功能进行配制、修改；用数字滤波器取代模拟滤波器；在中频直接进行模数转换，省掉了模拟 I、Q 正交解调电路；对中频采样数据在数字域进行 I、Q 解调。



1、一种 GSM 基站单载频分集接收机，包括模拟部分，接收预处理部分和信道解码部分(313)；所述模拟部分包括主、分集两条完全相同的支路，每条支路包括射频部分和中频部分；所述两条支路的射频部分除共用一个本振(307)外，每一条支路的射频部分还包括：一根天线(300/300')，一个宽带滤波器(301/301')，一个低噪声放大器(302/302')，一个混频器(303/303')；天线(300/300')接收的信号通过宽带滤波器(301/301')滤波和低噪声放大器(302/302')放大后，通过混频器(303/303')与本振(307)进行一次混频；所述每条支路中的中频部分包括：两个带通滤波器(304/304', 306/306')，两带通滤波器之间有一中频放大器(305/305')；经过混频器(303/303')混频后的信号经过带通滤波器(304/304')后经中频放大器(305/305')放大，而后再经过带通滤波器(306/306')中频滤波后输出到接收预处理部分；其特征在于，所述预处理部分包括：

- 一个模数转换器(311)，用于对主分集支路信号进行模数转换；
- 一个离散数字控制器(312)，用于对模数转换器(311)转换后的数据进行混频、解调、抽取及滤波处理后输出数字基带 I、Q 信号到信道解码部分(313)；
- 一个时钟单元(308)，用来产生系统时钟，供模数转换器(311)、离散数字控制器(312)、CPU(309)、可擦除的可编程逻辑器件(310)和信道解码部分(313)使用；
- 一个 CPU(309)，用于通过软件对可擦除的可编程逻辑器件(310)中接收电路进行上电初始化及对离散数字控制器(312)中的接收机参数进行配置或修改；
- 一个可擦除的可编程逻辑器件(310)，用于产生离散数字控制器(312)所需的时隙钟及中断信号，为信道解码部分(313)提供必要的控制、寻址及定时信号。

2、根据权利要求 1 所述的一种 GSM 基站单载频分集接收机，其特征在于：所述的离散数字控制器(312)包括：

- 一个复数数控振荡器(401)和一个数字正交混频单元(402,403)，用于将模数转换器(311)转换后的数字信号分成正交的两路信号 I、Q；
- 一个 CIC 抽取滤波器(404)，用于对前述的 I、Q 信号进行 CIC 滤波及数据抽取；
- 一个 FIR 抽取滤波器(405)，用来对 CIC 抽取滤波器(404)输出的信号进行 FIR 滤波及数据抽取；
- 一个输出数据格式转换单元(406)，根据需要对 FIR 抽取滤波器(405)输出的信号进行串行或并行转换。

3、根据权利要求 2 所述的一种 GSM 基站单载频分集接收机，其特征在于：所述模数转换器(311)工作在双通道，对主分集两个支路信号进行采样的采样频率为 13MHz，即每个通道的采样频率为 6.5MHz；所述中频部分带通滤波器(304/304' ,306/306' )的中心频率为 190 MHz；所述离散数字控制器(312)的工作时钟是 13M 的整数倍，但不超过离散数字控制器最高工作频率。

4、根据权利要求 2 所述的一种 GSM 基站单载频分集接收机，其特征在于：所述中频单元中的二个带通滤波器(304/304' ,306/306' )都是声表滤波器，用来选出所需要的一个 GSM 载频；所述中频放大器（305/305'）是一个限幅放大器或可变增益放大器。

5、根据权利要求 1-4 任一权利要求所述的一种 GSM 基站单载频分集接收机，其特征在于：所述离散数字控制器(312)的数据抽取率大小，FIR 抽取滤波器(405)的带宽、带内起伏、通带及阻滞特性等参数都是通过 CPU(309)用软件设置；离散数字控制器(312)的工作时钟是由 CPU(309)配置的。

## GSM 基站单载频分集接收机

### 技术领域

本发明属于 GSM 移动通信领域，是一种 GSM 基站收发信机中的接收机。

### 背景技术

在现有的 GSM 基站单载频分集接收机设计中，从射频到中频到基带，一直以模拟信号处理作为有效的处理手段，包括混频，滤波、AGC 或高低增益支路等，模数转换器主要是对基带 I、Q 信号进行模数转换，然后再由信道解码器进行数字域的处理。

为了保证接收机的动态范围(GSM900 为-15dBm~-104dBm 共 89dB 动态，GSM1800 为-23dBm~-104dBm 共 81dB 动态)，通常的接收机设计一般采用两种方案：高低增益支路方案和 AGC 方案。

高低增益支路方案（见 Page 67,BTS Hardware&Functions, Alcatel Mobile Communication Deutschland GmbH Systemservice Training Division, February 1st 1995 version 1.0）是通过在中频和基带单元采用高低增益支路的方法来扩大接收机的动态范围。通过 A/D 交换后，在数字电路中存储高低增益支路的 I、Q 信号，然后由基带选择满足幅度要求的一路 I、Q 信号。

AGC 方案（见 1、Page 6, Transceiver Unit TRX,B6Z 465119AE/1.0.0, NOKIA DynaText book 465267A2,1999-08-14 2、Page8-9,Chapter9,GSM-106-020 , Motorola GSM customer Documentation,September 1998,M-cell 6 Service Manual）采用实时的 AGC 控制来实现接收机的动态范围。它通过 AGC 控制信号控制可变增益放大器（或可变衰减器）来实时调整接收单元的增益，使接收机输出电平保持在要求的范围。

以上两种方案有一些固有的缺点：

1.接收机功能完全是由硬件实现的,各种参数都由硬件确定,若想改变一些系统参数如滤波器带宽及特性等,必须重新设计电路。

2.由于高低增益支路方案需要结构上完全相同的两个支路(高增益支路和低增益支路),AGC方案需要AGC增益自动控制电路,而且两种方案均需模拟I、Q正交解调电路,电路比较复杂,成本较高,可靠性降低。

3.中频模拟信号I、Q正交解调不可避免地存在幅相不平衡性,并且两个支路都会有直流误差。

4.由于模拟元器件电气参数的离散性,会造成产品之间质量的不一致,而且由于系统结构复杂,使调试量增加,可维护性较差。

## 发明内容

本发明的目的是:提供一种采用软件无线电技术的GSM基站单载频分集接收机,这种接收机的电路简单,灵活性和可靠性高,消除了I、Q信号的幅度不平衡性和直流误差。

本发明中的GSM基站单载频分集接收机,包括模拟部分,接收预处理部分和信道解码部分。

所述模拟部分包括主、分集两条完全相同的支路,每条支路包括射频部分和中频部分;所述两条支路的射频部分除共用一个本振外,每一条支路的射频部分还包括:一根天线,一个宽带滤波器,一个低噪声放大器,一个混频器;天线接收的信号通过宽带滤波器滤波和低噪声放大器放大后,通过混频器与本振进行一次混频;所述每条支路中的中频部分包括:两个带通滤波器,两带通滤波器之间有一中频放大器;经过混频器混频后的信号经过带通滤波器后经中频放大器放大,而后再经过带通滤波器中频滤波后输出到接收预处理部分。

所述预处理部分包括:一个模数转换器,用于对主分集支路信号进行模数转换;一个离散数字控制器,用于对模数转换器转换后的数据进行混频、解调、抽取及滤波处理后输出数字基带I、Q信号到信道解码部分;一个时钟单元,用来产生系统时钟,供模数转换器、离

散数字控制器、CPU、可擦除的可编程逻辑器件和信道解码部分使用；一个 CPU，用于通过软件对可擦除的可编程逻辑器件中接收电路进行上电初始化及对离散数字控制器中的接收机参数进行配置或修改；一个可擦除的可编程逻辑器件，用于产生离散数字控制器所需的时隙钟及中断信号，为信道解码部分提供必要的控制、寻址及定时信号。

本发明的 GSM 基站单载频分集接收机具有如下的优点：

1.利用软件无线电技术，用软件对系统的参数和功能进行配制、修改，如复数数控振荡器频率、数据抽取率大小等均可由软件设置。用数字滤波器取代模拟滤波器，其滤波器带宽，带内起伏，通带及阻带特性等都可以通过软件实现，大大增强了系统的灵活性。

2.在中频直接进行模数转换，省掉了模拟 I、Q 正交解调电路，可以提高系统动态，并由一片模数转换器对中频信号采样来代替以往多片模数转换器对基带 I、Q 信号的采样，提高了系统的可靠性，并使系统成本得到显著降低。

3.对中频采样数据在数字域进行 I、Q 解调，能改善 I、Q 信号的幅度不平衡性、相位正交性及消除直流误差。

4.由于软件无线电接收机将数字化从基带前移到中频，相对于模拟电路，调试工作量大大降低，产品之间的质量一致性和可维护性得到显著提高。

本发明中的软件无线电方案，只要改变一本振即可应用于 GSM900 或 GSM1800 两种频段。

## 附图说明

图 1 是高低增益支路方案的 GSM 基站单载频分集接收机框图。

图 2 是 AGC 方案的 GSM 基站单载频分集接收机框图。

图 3 是本发明的 GSM 基站单载频分集接收机框图。

图 4 是本发明的 GSM 基站单载频分集接收机中的离散数字控制器内部结构框图。

## 具体实施方式

下面结合附图和实施例对本发明进行详细描述。

已有 GSM 基站单载频分集接收机技术中的典型方案之一是图 1 所示的高低增益支路方案。在此方案中，信道解码部分 125 之前有主分集两条完全相同的支路，即主集支路和分集支路，两条支路共用一个第一本振 126。每一条支路可分为由天线 100、带通滤波器 101、低噪声放大器 102 和混频器 103 组成的射频部分；由带通滤波器 104、中频放大器 105 和带通滤波器 106 组成的中频部分；由分路器 107 和高、低增益支路组成的接收预处理部分。高、低增益两条支路完全相同，每条支路包括一个本振 112，二个混频器 108/117、113/121，两个低通滤波器 109/118、114/122，两个放大器 110/119、115/123，两个模数转换器 111/120、116/124。在本方案中，通过在中频和基带部分采用高低增益支路的方法来扩大接收机自身的动态范围。其工作流程为：来自天线的射频信号经过射频滤波和放大后，混频到中频，再经过中频滤波和放大，分成高低增益两路信号，进行 I、Q 正交解调，解调后的模拟信号由模数转换器在基带上进行量化，量化后的数字信号由信道解码器选择满足幅度要求的一路 I、Q 进行解码，这样接收机的动态为模数转换器的动态与高低增益支路的增益差之和。如果每个模数转换器可实现的动态范围为 48dB，高低增益支路的增益差为 42dB，当射频输入为强信号时，信道解码器选择低路信号进行解码，当射频输入为弱信号时，信道解码器选择高路信号进行解码，则接收机的整个动态扩展为  $48+42=90\text{dB}$ ，从而满足系统动态要求。高低增益支路方案的缺点是电路比较复杂，成本较高，可靠性降低。

另一个典型的方案是图 2 所示的 AGC 方案。AGC 方案的电路也是在信道解码部分之前有主分集两条完全相同的支路，两条支路共用一个第一本振 218。每条支路可分为由天线 201，低噪声放大器 202，混频器 204 组成的射频部分；由两个带通滤波器 205、可变增益放大器 206、带通滤波器 207、RSSI 检测电路 219、和 AGC 控制器 220 组成的中频部分；预处理部分包括一个本振 212，两个混频器 208、213，两个低通滤波器 209、214，两个放大器 210、215，两个模数转换器 211、216。本方案采用实时的 AGC 控制来实现接收机的动态范

围，其工作流程为：来自天线的射频信号经过射频滤波和放大后，混频到中频，再经过中频滤波和放大，其中频增益由 AGC 电路控制。中频信号经过 I、Q 正交解调，解调后的模拟信号由模数转换器在基带上进行量化，量化后的数字信号由信道解码器进行解码。AGC 控制信号控制可变衰减器（或可变增益放大器）来实时调整接收单元的总增益，使接收机输出电平保持在要求的范围。AGC 控制信号一般是通过在接收机的中频电路中耦合部分信号进入快速 RSSI 检测电路来产生其产生，RSSI 检测电路的输出信号  $V_{RSSI}$  能够反映接收机输入信号的强度。控制过程如下：

- 1、在基带模数转换器输入端（用于对接收信号进行模数转换器量化）确定一适当的接收信号电平范围，即有效接收窗口，并确定其对应的输入信号强度。

- 2、接收机对快速 RSSI 检测电路输出的信号强度指示信号  $V_{RSSI}$  进行模数转换器量化，然后通过计算或查表的方法确定接收机中的可变衰减器的控制参数，并用此参数控制接收机的增益，使得接收信号的输出电平落在有效接收窗口之内。

AGC 方案的缺点是从快速 RSSI 检测电路提取场强指示信号到 A/D 转换接收机处理完成产生增益控制信号的速度要足够快。

高低增益支路方案和 AGC 方案一些共同的缺点如前所述。图 3 所示是本发明的 GSM 基站单载频分集接收机框图。本发明的 GSM 基站单载频分集接收机，包括模拟部分，接收预处理部分和信道解码部分 313；所述模拟部分包括主、分集两条完全相同的支路，每条支路包括射频部分和中频部分；所述两条支路的射频部分除共用一个本振 307 外，每一条支路的射频部分还包括：一根天线 300/300'，一个宽带滤波器 301/301'，一个低噪声放大器 302/302'，一个混频器 303/303'；天线 300/300' 接收的信号通过宽带滤波器 301/301' 滤波和低噪声放大器 302/302' 放大后，通过混频器 303/303' 与本振 307 进行一次混频；所述每条支路中的中频部分包括：两个带通滤波器 304/304'，306/306'，两带通滤波器之间有一中频放大器 305/305'；经过混频器 303/303' 混频后的信号经过带通滤波器 304/304' 后经中频放大器 305/305' 放大，而后再经过带通滤波器 306/306' 中频滤波后输出到接收预处理部分；所述预处理部分包括：一个模数转换器

311,用于对主分集支路信号进行模数转换;一个离散数字控制器 312,用于对模数转换器 311 转换后的数据进行混频、解调、抽取及滤波处理后输出数字基带 I、Q 信号到信道解码部分 313;一个时钟单元 308,用来产生系统时钟,供模数转换器 311、离散数字控制器 312、CPU309、可擦除的可编程逻辑器件 310 和信道解码部分 313 使用;一个 CPU309,用于通过软件对可擦除的可编程逻辑器件 310 中接收电路进行上电初始化及对离散数字控制器 312 中的接收机参数进行配置或修改;一个可擦除的可编程逻辑器件 310,用于产生离散数字控制器 312 所需的时隙钟及中断信号,为信道解码部分 313 提供必要的控制、寻址及定时信号。

其中离散数字控制器 312 的内部详细结构如图 4,它包括:一个复数数控振荡器 401 和一个数字正交混频单元 402、403,用于将模数转换器 311 转换后的数字信号分成正交的两路信号 I、Q;一个 CIC 抽取滤波器 404,用于对前述的 I、Q 信号进行 CIC 滤波及数据抽取;一个 FIR 抽取滤波器 405,用来对 CIC 抽取滤波器 404 输出的信号进行 FIR 滤波及数据抽取;一个输出数据格式转换单元 406,根据需要对 FIR 抽取滤波器 405 输出的信号进行串行或并行转换。

本发明中带通滤波器 304/304'、306/306' 都采用的声表滤波器,即采用双声表滤波器,声表滤波器的中心频率选择为 190MHz。中频放大器 305/305' 可以选用限幅放大器,也可选用可变增益放大器。模数转换器 311 工作在双通道,对主分集两个支路信号进行采样的采样频率为 13MHz,即每个通道的采样频率为 6.5MHz;离散数字控制器 312 的工作时钟是 13MHz 的整数倍,但不超过离散数字控制器的最高工作频率,一般可选 2-5 倍,在一个具体的实施例中,选取离散数字控制器 312 的工作时钟为 26 MHz。

本发明中,复数数控振荡器的频率、离散数字控制器 312 的数据抽取率大小、工作时钟,FIR 抽取滤波器 405 的滤波带宽、带内起伏、通带及阻滞特性等参数,都由 CPU309 配置。

参看图 3,天线 300/300' 接收的信号通过宽带滤波器 301/301' 滤波和低噪声放大器 302/302' 放大后,通过混频器 303/303' 一次混频到中频 70-250 MHz,本发明采用 190MHz,经过双声表滤波器 304/304'、306/306' 中频滤波和中频放大器 305/305' 放大后直接由

模数转换器 311 进行中频采样。与已有技术方案相比较, 本发明将数字化从基带前移到中频, 省去模拟 I、Q 正交解调电路, 并由一片模数转换器对中频信号进行采样代替已有技术中的多片模数转换器对基带 I、Q 信号进行采样。模数转换器 311 将模拟中频信号变换到数字中频, 并以  $-f_{\text{samp}}/2 \sim +f_{\text{samp}}/2$  ( $f_{\text{samp}}$  为模数转换器单通道采样频率) 归一化带宽。对于 190MHz 的模拟 GMSK 调制信号, 配置模数转换器在双通道的工作采样时钟为 13MHz (则单通道采样时钟为 6.5MHz), 采样后的数字中频频率为:

$$190 - 6.5 \times 29 = 1.5 (\text{MHz})$$

中频采样模数转换器将  $-\infty \sim +\infty$  整个频谱信号都归一化到  $-f_{\text{samp}}/2 \sim +f_{\text{samp}}/2$ , 即  $(-3.25\text{M} \sim +3.25\text{M})$ 。因这样会产生一些混叠, 所以我们在模数转换器量化前将所有所需信号的镜象频率成分滤除干净。这种防混叠滤波的功能主要由两个中频带通滤波器 304/304'、306/306' 完成, 为了取得好的滤波效果, 一般我们选取声表滤波器。

模数转换器 311 除了对中频信号完成量化功能之外, 还将对系统提供一个处理增益, 这将提高系统的动态性能。由于 GMSK 信号带宽为 200KHz, 根据 Nyquist 采样定理, 模数转换器 311 的采样频率只需为 2 倍信号带宽, 即 400KHz。实际中模数转换器 311 在每个通道工作的采样速率为 6.5MHz, 这种过采样模数转换器 311 能提供的处理增益为:

$$\text{Process\_Gain} = 10 \log(6.5\text{MHz}/200\text{KHz}) = 15 \text{ dB}$$

模数转换器 311 采样后的数据由离散数字控制器 312 电路完成混频、解调、抽取及滤波功能, 最后输出数字基带 I、Q 信号给信道解码器进行解码。

离散数字控制器 312 电路是本发明的关键部分, 下面根据图 4 描述离散数字控制器 312 的工作原理。

#### 1. 对中频采样数据进行频谱搬移, 完成数字解调

输入到离散数字控制器 312 的数字中频信号通过复数数控振荡器 401 和数字正交混频单元 402、403 搬移到基带。数字中频信号与复数数控振荡器 401 的正交本振输出信号相乘即可得到数字 I、Q 信

号。通过软件对复数数控振荡器 401 的数值进行不同的设置可以将不同频率的中频信号搬移到基带。复数数控振荡器 401 的频率数值（32 位的复数数控振荡器）可以用下式计算：

$$\text{数控振荡器\_FREQ} = 2^{32} * \text{mod}(f_{\text{ch}}/f_{\text{samp}})$$

其中 mod 表示取余运算， $f_{\text{ch}}$  为中频模拟信号频率， $f_{\text{samp}}$  为模数转换器的采样频率。在本发明中，中频模拟信号频率  $f_{\text{ch}}$  为 190MHz，模数转换器的采样频率  $f_{\text{samp}}$  为 6.5MHz。

### 2.对数字 I、Q 信号进行 CIC 抽取滤波

通过复数数控振荡器 401 和数字正交混频单元 402、403 得到的 I、Q 信号，进入 CIC 抽取滤波器 404 进行 CIC 滤波及数据抽取。这一部分主要完成在降低数据通过率的同时又起到防混叠的作用。由于离散数字控制器输出的信号速率是一定的，加入 CIC 后 FIR 的输入速率降低，这样信号通过 FIR 后的抽取率就可降低，FIR 的通带和过渡带都可以作得宽一些，这样在 FIR 级数一定的情况下带外抑制就可以加大。

### 3.对数字 I、Q 信号进行 FIR 抽取滤波

由 CIC 抽取滤波器 404 的信号在 FIR 抽取滤波器 405 完成基带滤波。FIR 滤波器具有模拟滤波器无法替代的功能，它是线性相位滤波器，其阶数，滤波带宽，带内起伏，通带及阻带特性等都可以通过软件实现。滤波后的数据再经过抽取最后得到 270.833K/S 的码率。

### 4.将数据根据需要进行格式转换，选择并行或串行输出

对应于不同的后级电路（对输入数据格式要求不同的 DSP），输出数据格式转换单元（Output Format）406 可对 I、Q 数据进行串行或并行转换，最终输出满足需要的 270.833KHz 基带 I、Q 信号。

在本发明 GSM 基站单载频分集接收机用于 GSM900/GSM1800 系统的实施例，其静态灵敏度均达到了 -111dBm，故 GSM1800 接收机为 -23dBm~-111dBm 共 88dB 动态；GSM900 接收机为 -15dBm~-111dBm 共 96dB 动态，均高于规范要求。

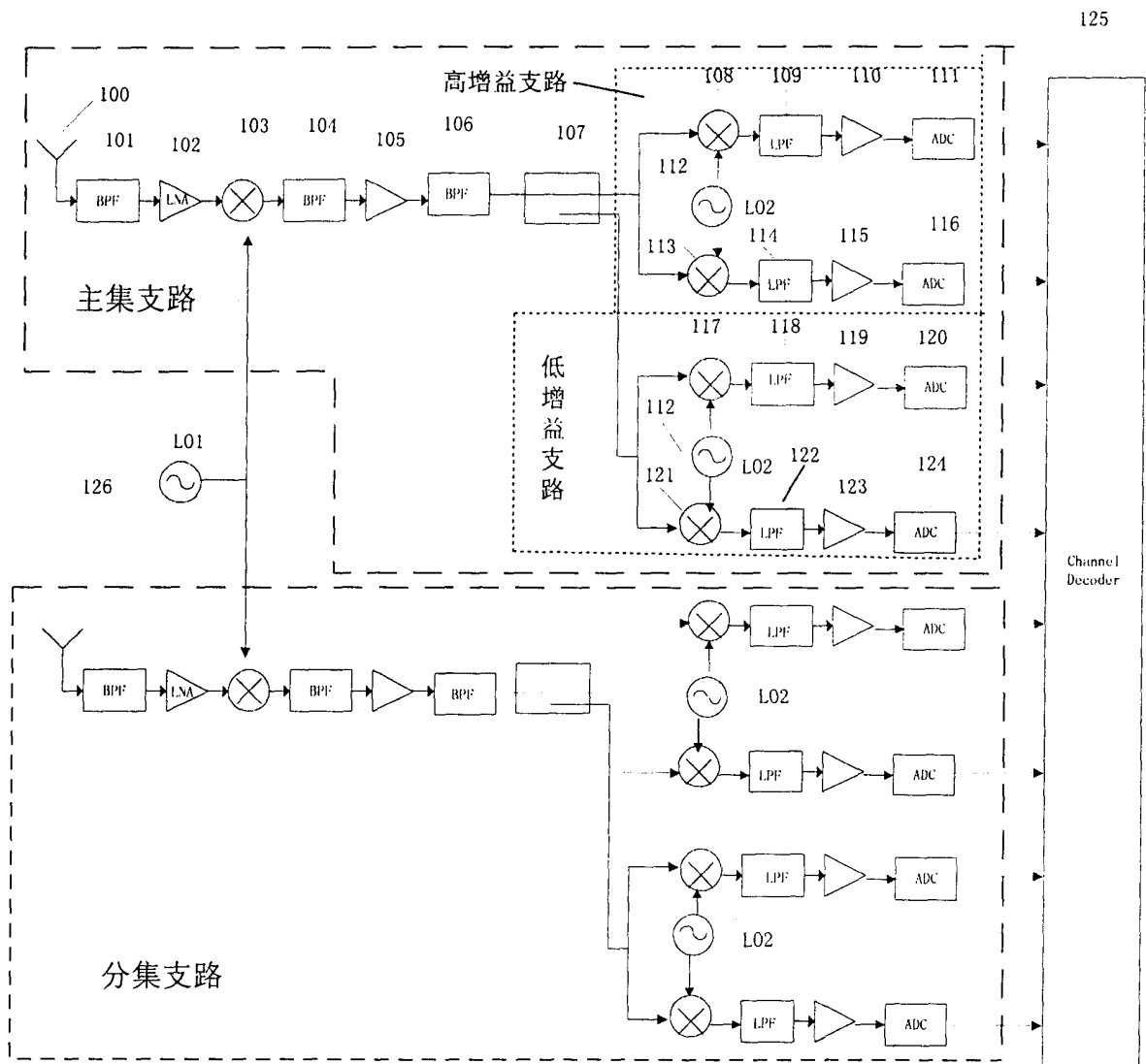


图 1

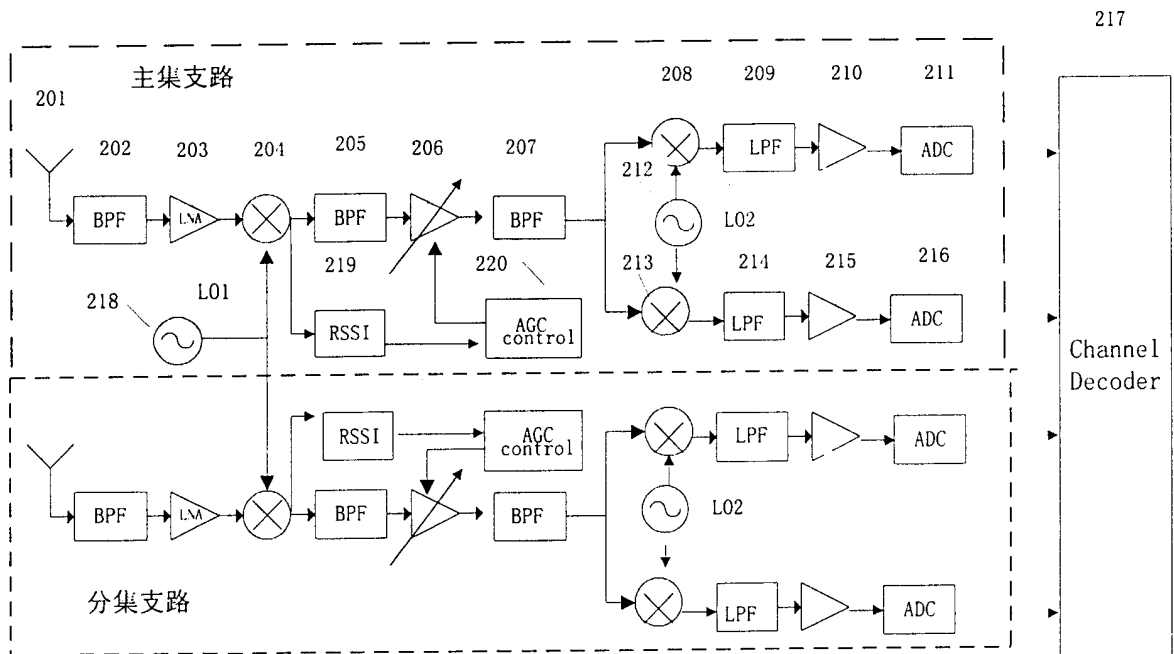


图 2

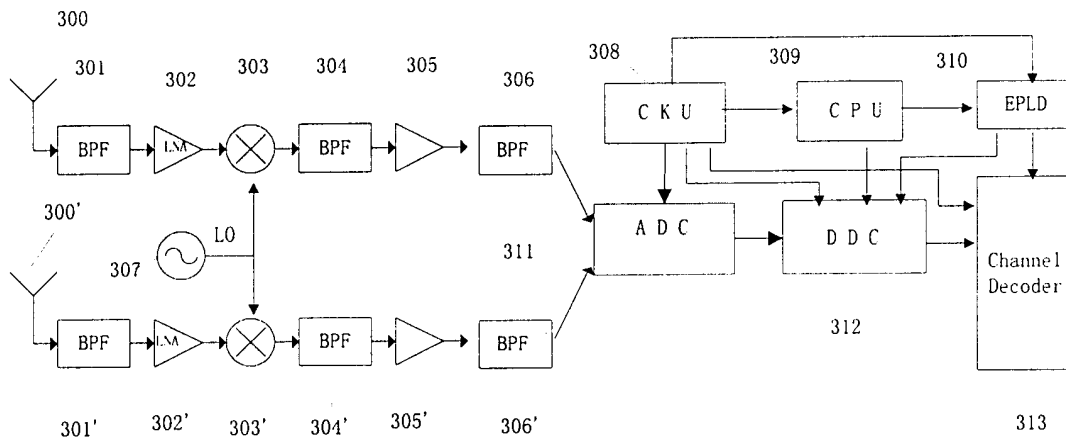


图 3

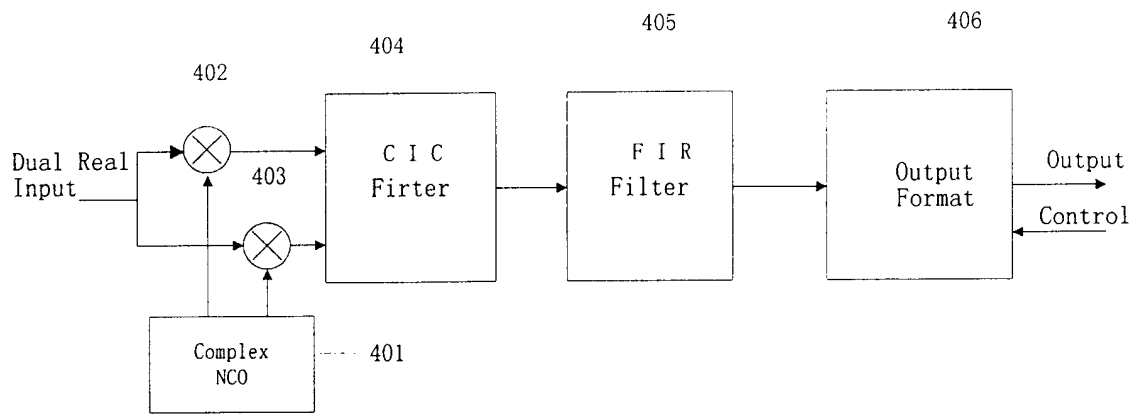


图 4