

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H04Q 7/38 (2006.01)

G01S 5/02 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200710107693.4

[43] 公开日 2008 年 6 月 11 日

[11] 公开号 CN 101198160A

[22] 申请日 2007.5.25

[21] 申请号 200710107693.4

[71] 申请人 北京大学

地址 100871 北京市海淀区颐和园路 5 号

[72] 发明人 叶 乐 段晓辉 廖怀林 赵辉辉

刘军华 肖慧凌 黄 如

[74] 专利代理机构 北京君尚知识产权代理事务所

代理人 贾晓玲

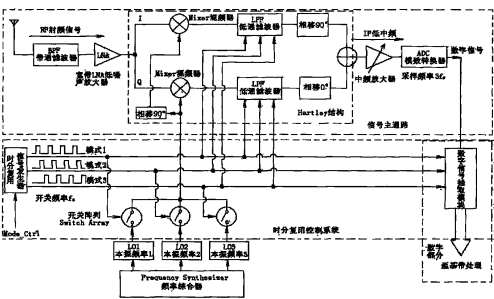
权利要求书 2 页 说明书 10 页 附图 4 页

[54] 发明名称

采用单通路射频前端实现 GNSS 多模并行接收的方法及装置

[57] 摘要

本发明提供一种采用单通路射频前端实现 GNSS 多模并行接收的方法及装置，属于射频通讯技术领域。该方法包括：接收到的 RF 射频信号进入单通路射频前端后，根据接收信号模式的个数 N，将信号通路的采样周期划分为 N 个时间小段，通过受时分复用信号控制的 Mixer 混频器和 LPF 低通滤波器将 RF 信号下变频至 IF 中频信号，切换时分复用信号，单通路射频前端每隔一个上述时间小段内接收一种模式的信号，如此周期性交替重复，实现单通路射频前端并行接收 N 个模式信号。本发明只需要一个单通路射频前端，在时分复用系统的控制下，即可实现 GNSS 多种模式(包括 BD-2、GPS、Galileo、GLONASS 等)并行接收。



1、一种采用单通路射频前端实现 GNSS 多模并行接收的方法，其步骤包括：

- (1) 接收到的 RF 射频信号进入单通路射频前端；
- (2) 单通路射频前端根据接收信号模式的个数 N ，将信号通路的采样周期划分为 N 个时间小段；
- (3) 单通路射频前端通过 Mixer 混频器和 LPF 低通滤波器将 RF 信号下变频至 IF 中频信号，Mixer 混频器和 LPF 低通滤波器受时分复用信号控制；
- (4) 通过切换时分复用信号，单通路射频前端每隔一个上述时间小段内接收一种模式的信号，如此周期性交替重复，实现单通路射频前端并行接收 N 个模式信号。

2、如权利要求 1 所述的一种采用单通路射频前端实现 GNSS 多模并行接收的方法，其特征在于：对于不同的模式信号，其具有各自所需的最小采样频率参数，取其中一个最大的采样频率参数确定通路的采样周期，即 $t_s = 1/f_s$ ， $f_s = \max\{f_{s1}, f_{s2}, f_{s3}, \dots, f_{sN}\}$ 。

3、如权利要求 1 或 2 所述的一种采用单通路射频前端实现 GNSS 多模并行接收的方法，其特征在于：所述时分复用信号具有如下参数特征：每个信号对应特定的工作模式、信号周期位 $t_s (=1/f_s)$ 、频率为 f_s 、占空比 $q=1/N$ 。

4、如权利要求 2 所述的一种采用单通路射频前端实现 GNSS 多模并行接收的方法，其特征在于：单通路射频前端通过 ADC 模数转换器将基带信号变为数字信号，交给后面的数字基带芯片处理，ADC 模数转换器的采样频率必须满足 $N * f_s$ 。

5、一种实现 GNSS 多模并行接收的单通路射频前端结构，包括宽带 LNA 低噪声放大器、Mixer 混频器、LPF 低通滤波器和 ADC 模数转换器，其特征在

于：还包括：时分复用控制系统，

所述 Mixer 混频器，输入一端为宽带 LNA 的输出信号，输入另一端为由时分复用系统选择的本振信号，输出为待滤波的混频信号；

所述 LPF 低通滤波器，输入一端为 Mixer 混频器输出混频信号，输入另一端受时分复用信号控制，输出端为 IF 中频信号；

所述 ADC 模数转换器，将基带信号转换为数字信号，输出多模数字信号。

6、如权利要求 5 所述的实现 GNSS 多模并行接收的单通路射频前端结构，其特征在于：所述时分复用控制系统包括一时分复用信号发生器、频率综合器和开关阵列，所述时分复用信号发生器产生周期性的时分复用信号，该时分复用信号控制所述频率综合器产生与模式信号对应的 N 个本振信号，通过将所述本振信号输入到开关阵列中，选择其中一本振信号给所述 Mixer 混频器。

7、如权利要求 5 或 6 所述的实现 GNSS 多模并行接收的单通路射频前端结构，其特征在于：所述 LPF 低通滤波器包括一开关电容阵列，所述时分复用控制系统产生的周期性时分复用信号，用于控制所述开关电容阵列。

8、如权利要求 5 所述的实现 GNSS 多模并行接收的单通路射频前端结构，其特征在于：ADC 模数转换器连接一数字信号抽取模块，所述时分复用控制系统产生的周期性时分复用信号，用于控制所述数字信号抽取模块将 N 种模式信号分别抽取出来。

采用单通路射频前端实现 GNSS 多模并行接收的方法及装置

技术领域

本发明属于射频通讯技术领域，尤其是提供一种采用单通路射频前端实现 GNSS 多模并行接收的方法及装置。

背景技术

全球导航系统 (GNSS) 已经广泛应用于各类民用和军用目标的定位、导航、授时和精密测量，并逐步成为全球发展最快的三大信息产业（移动电话、互联网和卫星定位导航）之一。

在 GNSS 发展的过程中，最早实用化的是美国的 GPS (Global Positioning System) 系统，因此针对 GPS 系统的单模接收机技术也最为成熟，如文献 MICHAEL S. BRAASCH, and A. J. VAN DIERENDONCK, “GPS Receiver Architectures and Measurements”, PROCEEDINGS OF THE IEEE, VOL. 87, NO. 1, JANUARY 1999 阐述了 GPS 接收机的系统架构，其中包括针对 GPS 信号的射频前端 (Front-Ends) 的论述。

随着 GPS 系统的发展和成熟，俄罗斯的 GLONASS 系统、欧洲的 Galileo 伽利略系统和中国的 BD-2 北斗二代系统的发展，利用多种模式的信号进行导航定位，可以提高系统应用的完好性和可靠性，提高系统的定位精度和导航连续性，因此 GNSS 多模接收机具有更大的优点和广阔的发展前景，而多模接收机中的关键技术之一是射频前端芯片。

目前公开发表的文献中，没有发现涉及“BD-2/GPS/Galileo/GLONASS 多模接收机射频前端系统结构”，报道的文献和技术主要是针对 GPS/Galileo、

GPS/GLONASS 以及 Galileo/GLONASS 双模接收机的。在这些文献和技术中，主要采取的射频前端方案是：并行复用多个信号通路的射频前端架构，来实现同时接收和处理多模信号。如图 1 所示，信号经过天线接收进来，分别传送给多个信号通路，而每个信号通路均采用超外差的结构（包括 LNA 低噪声放大器、Mixer 混频器和滤波器等模块），以实现并行接收 GNSS 多模信号的目的。其间所述的超外差结构是无线通信领域射频前端的常用技术，具有多种具体的实现方式，各种方式略有差异，但原理相通，作用也都是将接收的高频的 RF 射频信号经过下变频转换为较低的 IF 中频信号再送至 ADC 模数转换器，如文献 Edwin H. Armstrong, “THE SUPER-HETERODYNE—ITS ORIGIN, DEVELOPMENT, AND SOME RECENT IMPROVEMENTS” 阐述了超外差的原理。这种“并行复用多个信号通路的射频前端架构”，如国内专利（ZL 200520079633.20）是基于并行叠加多个信号通路，并没有针对多模接收机提出新的方法，其需要多个射频前端模块，包括多个混频器、滤波器、模数转换器等，具有结构复杂、芯片面积大、功耗高、成本高的缺点，不适用于低成本、低功耗的便携式接收机。

发明内容

本发明的目的提供一种采用单通路射频前端实现 GNSS 多模并行接收的方法。具有单芯片集成、芯片面积小、功耗小的特点。

本发明的上述目的是通过如下的技术方案予以实现的：

一种采用单通路射频前端实现 GNSS 多模并行接收的方法，其步骤包括：

- (1) 接收到的 RF 射频信号进入单通路射频前端；
- (2) 单通路射频前端根据接收信号模式的个数 N ，将信号通路的采样周期

划分为 N 个时间小段;

(3) 单通路射频前端通过 Mixer 混频器和 LPF 低通滤波器将 RF 信号下变频至 IF 中频信号, Mixer 混频器和 LPF 低通滤波器受时分复用信号控制;

(4) 通过切换时分复用信号, 单通路射频前端每隔一个上述时间小段内接收一种模式的信号, 如此周期性交替重复, 实现单通路射频前端并行接收 N 个模式信号。

对于 N 种模式的信号, 每个模式信号都具有其各自所需的最小采样频率参数, 取其中一个最大的采样频率参数, 即: $f_s = \max\{f_{s1}, f_{s2}, f_{s3}, \dots, f_{sN}\}$ 确定信号通路的采样周期, 即 $t_s = 1/f_s$ 。

所述时分复用信号具有如下参数特征: 每个信号对应特定的工作模式、信号周期位 $t_s (=1/f_s)$ 、频率为 f_s 、占空比 $q=1/N$ 。

单通路射频前端通过 ADC 模数转换器将基带信号变为数字信号, 交给后面的数字基带芯片处理, ADC 模数转换器的采样频率必须满足 $N * f_s$ 。

一种实现 GNSS 多模并行接收的单通路射频前端结构, 包括宽带 LNA 低噪声放大器、Mixer 混频器、LPF 低通滤波器和 ADC 模数转换器, 其特征在于: 还包括: 时分复用控制系统,

所述 Mixer 混频器, 输入一端为宽带 LNA 的输出信号, 输入另一端为由时分复用系统选择的本振信号, 输出为待滤波的混频信号;

所述 LPF 低通滤波器, 输入一端为 Mixer 混频器输出混频信号, 输入另一端受时分复用信号控制, 输出端为 IF 中频信号;

所述 ADC 模数转换器, 将基带信号转换为数字信号, 输出多模数字信号。

所述时分复用控制系统包括一时分复用信号发生器、频率综合器和开关阵列, 所述时分复用信号发生器产生周期性的时分复用信号, 该时分复用信

号控制所述频率综合器产生与模式信号对应的 N 个本振信号，通过将所述本振信号输入到开关阵列中，选择其中一本振信号给所述 Mixer 混频器。

所述 LPF 低通滤波器包括一开关电容阵列，所述时分复用控制系统产生的周期性时分复用信号，用于控制所述开关电容阵列。

ADC 模数转换器连接一数字信号抽取模块，所述时分复用控制系统产生的周期性时分复用信号，用于控制所述数字信号抽取模块将 N 种模式信号分别抽取出来。

本发明原理

GNSS 系统属于无线通信的一种应用，在无线通信系统中，基带信号总是占有一定的带宽 Δf ，信号被调制到射频频段发射出去。在接收端接收到 RF 射频信号，RF 射频信号进入信号通路，使 RF 信号下变频至 IF 中频信号，送至 ADC 模数转换器，转变成数字信号给后面的数字基带芯片处理。其中基带信号的带宽 Δf ，决定了 ADC 模数转换器的采样频率 f_s ，该采样频率 f_s 为每隔 $t_s=1/f_s$ 的时间间隔对输入信号采样并转换成数字信号。

由于 ADC 模数转换器只需要一定的采样频率 f_s 对 IF 中频信号进行采样，也就是说 IF 中频信号只在每隔 $t_s (=1/f_s)$ 时间被采样一次，其余的时间里信号并没有被采样，因此就可以把这部分空余时间利用起来。即将每个时间周期划分成多个时间小段，通过切换信号通路的工作模式，使得在每一小段时间内接收特定模式的信号，而下一时间小段又通过切换信号通路的工作模式而接收下一个模式的信号，如此周期性的交替重复这一过程，从而实现单通路射频前端并行接收多模信号，即本发明核心是利用“时分复用”的原理，在时分复用控制系统的控制下，周期性的快速切换信号通路的工作模式，从而达到并行接收多模信号的目的。本方法针对的 GNSS 信号包括：BD-2 B1 频

带信号 (1561.098MHz)、B2 频带信号 (1207.14MHz)、GPS L1 频带信号 (1575.42MHz)、L2 频带信号 (1227.6MHz)、L5 频带信号 (1176.45MHz)、Galileo E2-L1-E1 频带信号 (1575.5MHz)、E5a-E5b (1189MHz) 和 GLONASS L1 频带信号 (1602MHz)、L2 频带信号 (1246MHz) 等。

本发明的优点是：

(1) 结构简单，模块复用率高，只需要一个单通路射频前端（宽带 LNA 低噪声放大器、Mixer 混频器、LPF 低通滤波器、ADC 模数转换器）和频率综合器，在时分复用系统的控制下，即可实现 GNSS 多种模式（包括 BD-2、GPS、Galileo、GLONASS 等）并行接收；

(2) 芯片面积小，功耗低，适合与数字基带芯片单片集成（SOC，System-On-Chip），这与系统结构简单、模块复用率高、采用低功耗电路设计技术相对应；

(3) 系统灵活性高，可以根据需要，通过调整时分复用信号，来调节系统的工作模式，以达到最佳效果和最低功耗。

附图说明

下面结合附图，对本发明进行详细描述

图 1 现有的并行复用了多个信号通路的多模接收机射频前端系统结构；

图 2 本发明实现 GNSS 多模并行接收的单通路射频前端结构示意图；

图 3 是本发明实施例并行接收 3 种模式信号示意图；

图 4 是本发明实施例时分复用信号切换通路工作模式的示意图；

图 5 发明实施例数字信号抽取部件的示意图；

图 6 本发明实施例分复用信号控制切换开关电容阵列示意图。

具体实施方式

对于 N 种模式信号并行接收的情况，本发明具体方法如下所述：

(1) 对于 N 种模式并行接收的情况，每个模式信号具有各自所需的最小采样频率 f_s ；在这些 f_s 中，最大的 f_s 决定了本发明单通路射频前端信号的采样频率 f_s 参数，即：

$$f_s = \max\{f_{s1}, f_{s2}, f_{s3}, \dots, f_{sN}\}$$

对于每个模式信号，只需要以 f_s 的采样频率采样即可，即每隔 $t_s=1/f_s$ 时间段周期性的采样一次即可。对于 N 个模式并行接收，把周期 t_s 时间段分割成 N 个时间小段，每个时间小段接收处理一个模式的信号，即把每个周期时间 t_s 划分成 N 份进行时分复用，单通路射频前端依次产生时分复用信号，该时分复用信号所具有的参数特征是：每个信号对应特定的工作模式、信号周期位 $t_s (=1/f_s)$ 、频率为 f_s 、占空比 $q=1/N$ 。在该信号的控制下，单通路射频前端快速依次切换工作模式，并周期性的重复，从而单个信号通路即可接收 N 中模式的信号，且由于每个周期 t_s 时间段内有 N 个模式的信号，所以 ADC 采样的频率 F_s 须满足如下关系： $F_s = N \cdot f_s$ 。使用一个 ADC 就可以将 N 个模式的信号都接收采样。

(2) 对 ADC 转换成的数字信号，需要通过数字信号抽取模块将各个模式的信号抽取出来，由于 ADC 采样的信号，每个周期 t_s 内依次为模式 1 到模式 N 的信号，而各个模式的信号均每隔 t_s 时间周期性出现（即以 f_s 的频率出现），那么可以通过时分复用信号控制，数字信号抽取模块将 N 种模式信号分别抽取出来，转换成 N 路并行的数字信号。

(3) 对于特定应用，如并行接收少于 N 个模式的信号，接收机可以根据具体需要，通过调整时分复用信号来改变需要接收的模式和数目，这样可以增加系统的可靠性，减小系统功耗。

参考图 2，本发明实现并行接收多模信号的单通路射频前端包括：

(1) RF 射频信号由天线接收经过片外的带通滤波器，进入信号通路的一个模块——宽带 LNA 低噪声放大器，对涵盖多种模式的 GNSS 信号进行放大，并抑制噪声和带外干扰，输出放大的 RF 射频信号；

(2) 信号然后进入由 Mixer 混频器、LPF 滤波器等模块，信号经过 Mixer 混频器时，另一端输入本振信号 L0，完成混频操作，输出频谱搬移了的信号；信号经过 LPF 低通滤波器时，完成低通滤波，输出 IF 中频信号，进入 ADC 模数转换器进行采样，转变成数字信号。

本发明时分复用控制系统，产生时分复用信号，控制信号通路切换工作模式，具体结构包括：

(1) 根据接收机的工作状态，尤其是并行接收的模式数目（设模式数目为 N）和种类，由数字基带给出“模式控制信号 Mode_Ctrl”，控制时分复用信号发生器，产生周期性的时分复用信号；

(2) 时分复用信号进入开关阵列，通过控制开关阵列的开启和闭合，选择本振信号 L0 给 Mixer 混频器使用；

(3) 时分复用信号进入 LPF 低通滤波器，通过控制的 LPF 中开关电容阵列来切换 LPF 的截至频率和通带带宽，从而切换 LPF 的工作状态；

(4) 时分复用信号进入数字信号抽取模块，控制该模块的运行，将由 ADC 模数转换器输入该模块的数字信号抽取成与 N 种 GNSS 模式信号对应的 N 路数字信号。

(5) 频率综合器，产生 N 种 GNSS 模式信号对应的 N 个本振信号 L0，输入到开关电容阵列，通过“时分复用信号”的控制选择，选出其中的一路信号给 Mixer 混频器使用。

为了对本发明进行详细说明, 现举一个如下具体实施例:

只针对 BD-2 B1 频带信号(1561.098MHz)、GPS L1 频带信号(1575.42MHz)、Galileo E2-L1-E1 频带信号(1575.5MHz)三种模式信号的多模并行接收, 同时单通路射频前端结构采用带 Hartley 结构的一次变频超外差式的结构。

参考图 3, 首先根据这三种模式信号的频谱特性, 确定三个模式各自的基带信号带宽, 继而确定三个信号对应的本振信号 L0 的频率 L01、L02、L03、以及采样频率 f_{s1} 、 f_{s2} 、 f_{s3} , 他们中最大的采样频率确定为参数 f_s 。本发明对于每个模式信号只需要以 f_s 的采样频率采样即可, 即每隔 $t_s=1/f_s$ 时间段周期性的采样一次即可, 即把周期 t_s 时间段分割成 3 个时间小段, 每个时间小段接收处理一个模式的信号。

实现并行接收多模信号的单通路射频前端的时分复用控制系统:

(1) 时分复用信号发生器, 在数字基带输出的模式控制信号 “Mode-Ctrl” 的控制下 (Mode-Ctrl 的作用可以使系统具备可重构的能力, 即可根据选择多模并行接收特定的 GNSS 信号), 生成 BD-2 B1 频带信号(1561.098MHz)、GPS L1 频带信号(1575.42MHz)、Galileo E2-L1-E1 频带信号(1575.5MHz)三种模式对应的三个时分复用控制信号, 如图 4 所示, 每个时分复用控制信号的周期 $t_s=1/f_s$ 、频率为 f_s 、占空比 $q=1/3$ ($q=1/N$, 由于模式数 $N=3$) 的周期方波信号, 并且这三个信号互相错开, 不同时有效; 生成的时分复用信号输出到开关阵列、LPF 低通滤波器和数字信号抽取模块中, 控制信号主通路工作模式的切换;

(2) 频率综合器, 产生三个本振信号 L01、L02、L03, 该三个本振信号分别与开关控制阵列中的一个开关相连, 每个开关分别受时分复用信号控制开启和关闭, 三路本振信号 L01、L02、L03 分别通过三个开关, 三个开关的输

出端相连，选出一路本振信号 L0，输入到 Mixer 混频器的一个输入端。

(3) 开关阵列，由 3 个开关组成，三个开关一端分别与频率综合器给出的三路本振信号 L01、L02、L03 相连，分别受三个时分复用信号的控制，三个开关的另一端相连，输入给信号主通路中的 Mixer 混频器使用，在时分复用信号周期性的切换下，开关阵列将周期性的切换输出的本振信号 L0；

(4) 数字信号抽取模块，输入信号为 ADC 模数转换器给出的信号，在三个时分复用信号的控制，抽取出三路并行的数字信号，如图 5 所示。

单通路射频前端将接收到的 RF 射频信号转变成 IF 中频信号，并经过 ADC 模数转换器转换成数字信号，具体的实时方式包括：

(1) RF 射频信号通过天线接收，然后通过选取合适的 BPF 带通滤波器（采用片外 SAW 表面声波滤波器），通带涵盖 BD-2 B1 频带信号（1561.098MHz）、GPS L1 频带信号（1575.42MHz）、Galileo E2-L1-E1 频带信号（1575.5MHz）三种模式信号，抑制带外干扰信号，将滤过波的 RF 射频信号向后级输出至宽带 LNA 低噪声放大器；

(2) 其后的宽带 LNA 低噪声放大器，需要具备宽带匹配能力，有效放大包括 BD-2 B1 频带信号（1561.098MHz）、GPS L1 频带信号（1575.42MHz）、Galileo E2-L1-E1 频带信号（1575.5MHz）三种模式在内的信号，并抑制噪声，向后级输出放大的 RF 射频信号；

(3) 然后 RF 射频信号经过 Hartley 结构，信号分为 I/Q 两路；其中 I 路，信号输入到 Mixer 混频器，该 Mixer 混频器的另一端输入为经过 90° 相移的本振信号 L0，输出经过频谱搬移的变频信号；然后输入到 LPF 低通滤波器中，该 LPF 低通滤波器由带自动调谐的 Gm-C（跨导-电容）有源滤波器实现，通过控制 LPF 中的开关电容阵列来实现调节截至频率和通带带宽，信号经过滤波

后再经过 90° 相移，输出 I 路的 IF 中频信号；

其中 Q 路信号输入到与 (4) 相同的 Mixer 混频器，该 Mixer 混频器的另一端输入未经相移的本振信号 L_0 ，输出经过频谱搬移的变频信号；然后输入到与 (4) 相同的 LPF 低通滤波器中，信号经过滤波后再经过 0° 相移（即未经过相移），输出 Q 路的 IF 中频信号；

I/Q 两路信号相加，从而去除了镜像干扰信号，得到 IF 中频信号，IF 中频信号输入到 ADC 模数转换器，ADC 以 $F_s=3f_s$ 的采样频率采样 IF 中频信号，转换成数字信号，输出至时分复用控制系统中的数字信号抽取模块。

上述 (4)、(5) 中提及的 LPF 低通滤波器，采用 Gm-C（跨导—电容）有源滤波器的架构，而这种滤波器中选取的电容值不同，就可以设计出不同的截止频率；根据三种模式信号所需要的信号带宽和本振频率 L_0 ，确定 LPF 的截止频率和通带带宽，根据这些参数设计出三套电容，每一套电容分别对应一个模式的截止频率和通带带宽，然后三套电容分别通过三组开关连接到 LPF 上，这三组开关分别由三个时分复用控制信号控制开启和关闭，从而在时分复用控制信号控制下实现快速切换工作模式的目的，如图 6 所示。

上述是对于本发明最佳实施例的详细描述，但是很显然，本发明技术领域的人员可以根据上述的步骤作出形式和内容方面非实质性的改变而不偏离本发明所实质保护的范围，因此，本发明不局限于上述具体的形式和细节。

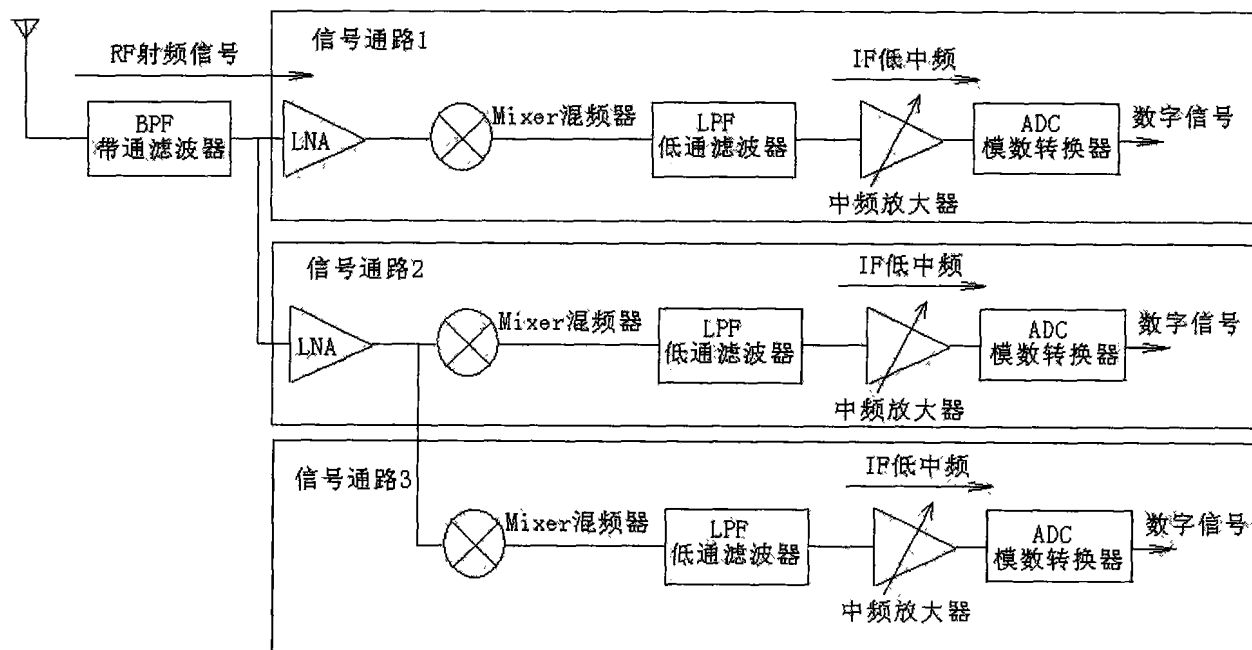


图 1

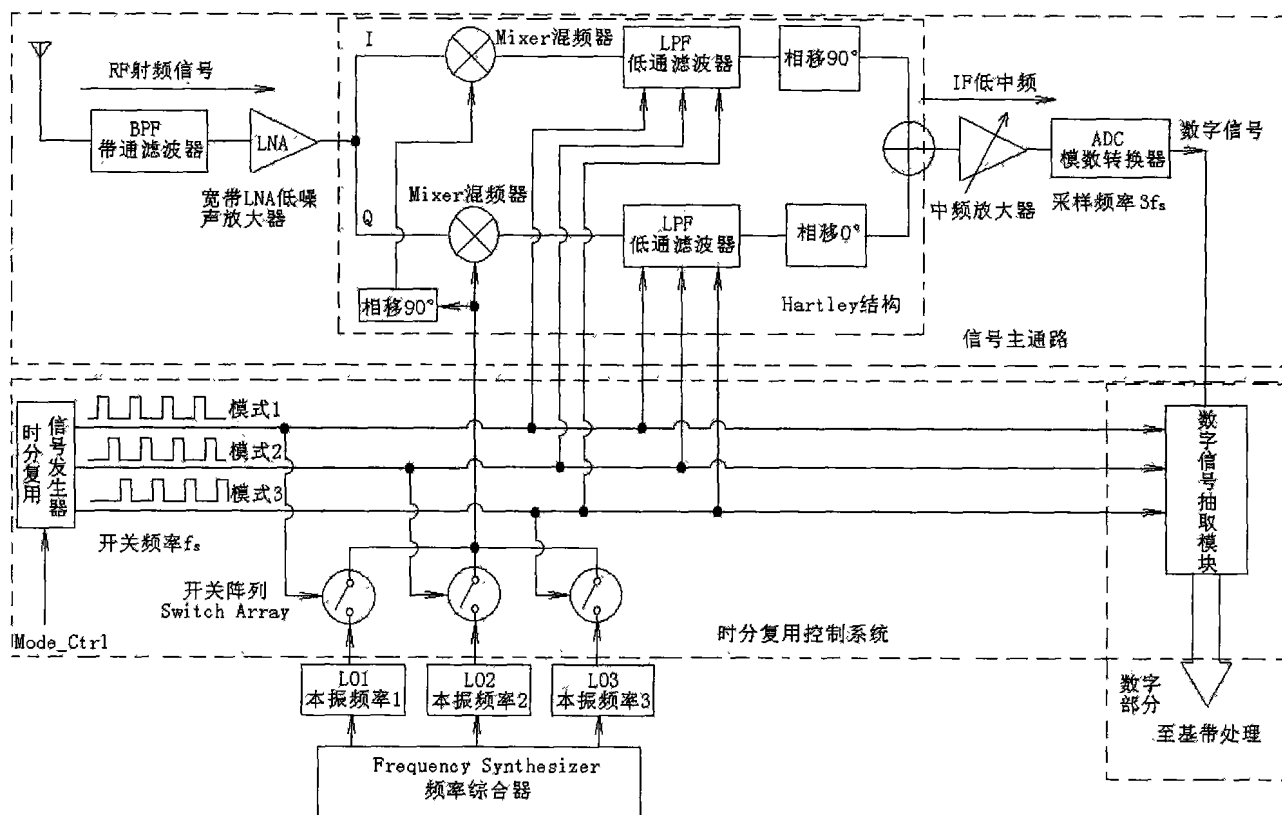


图 2

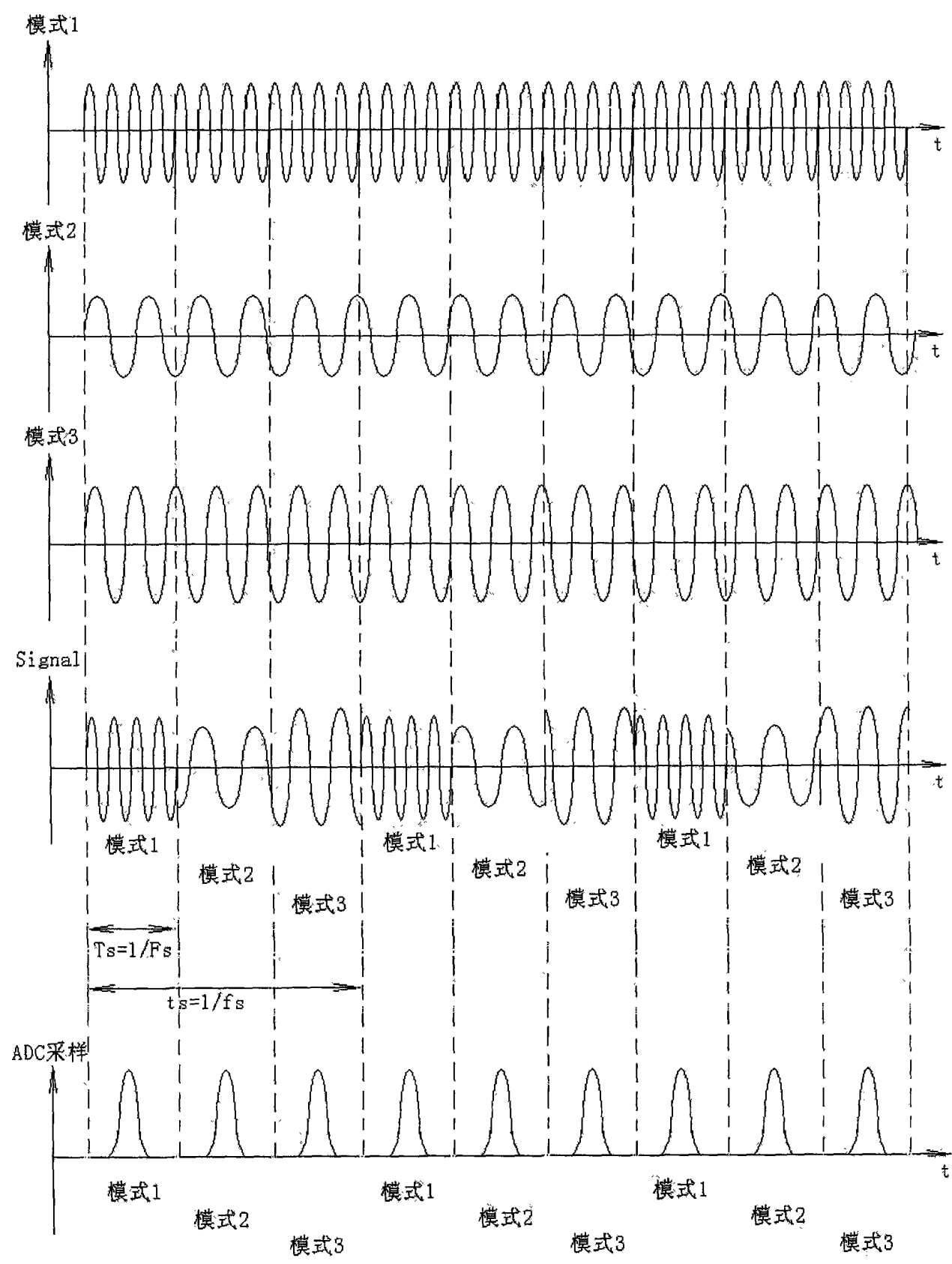


图 3

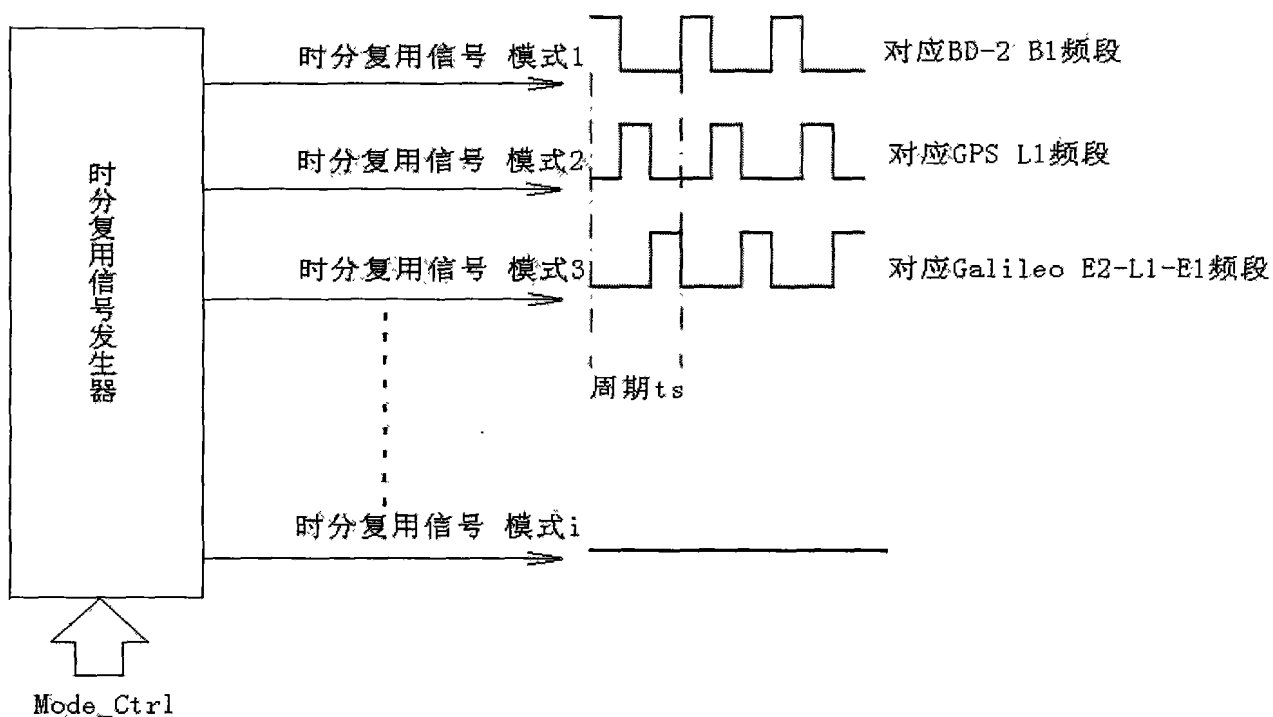


图 4

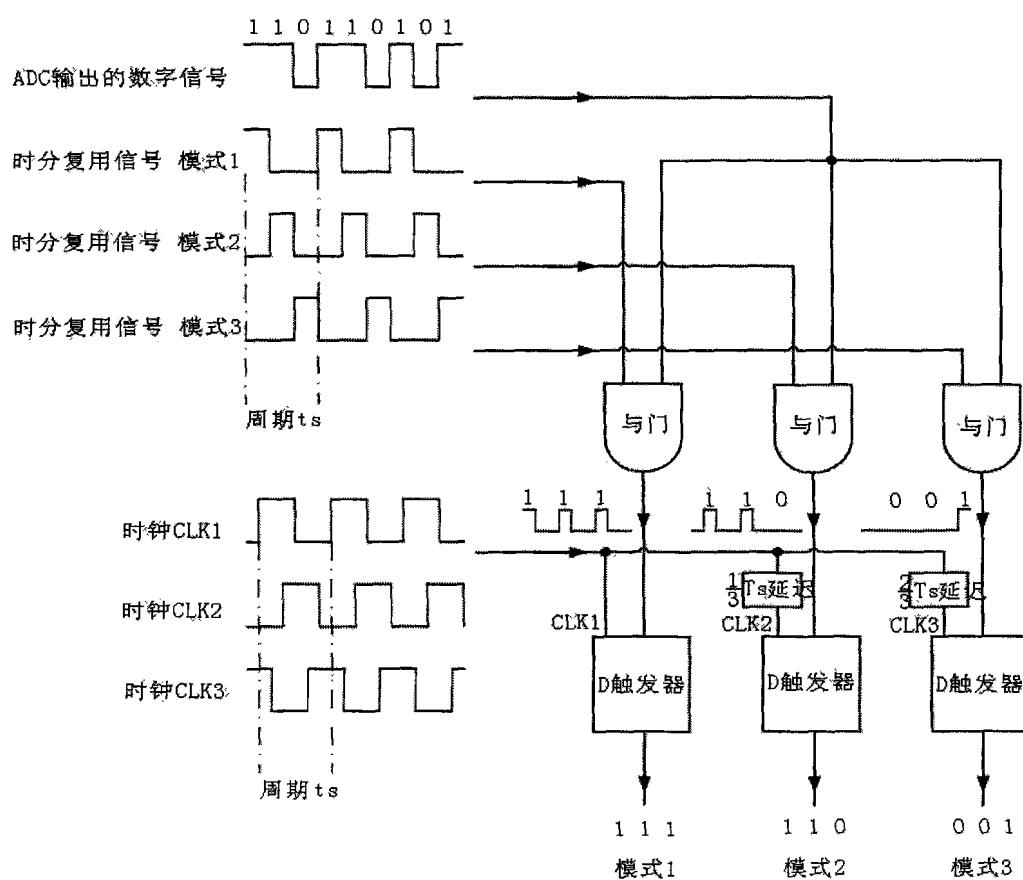


图 5

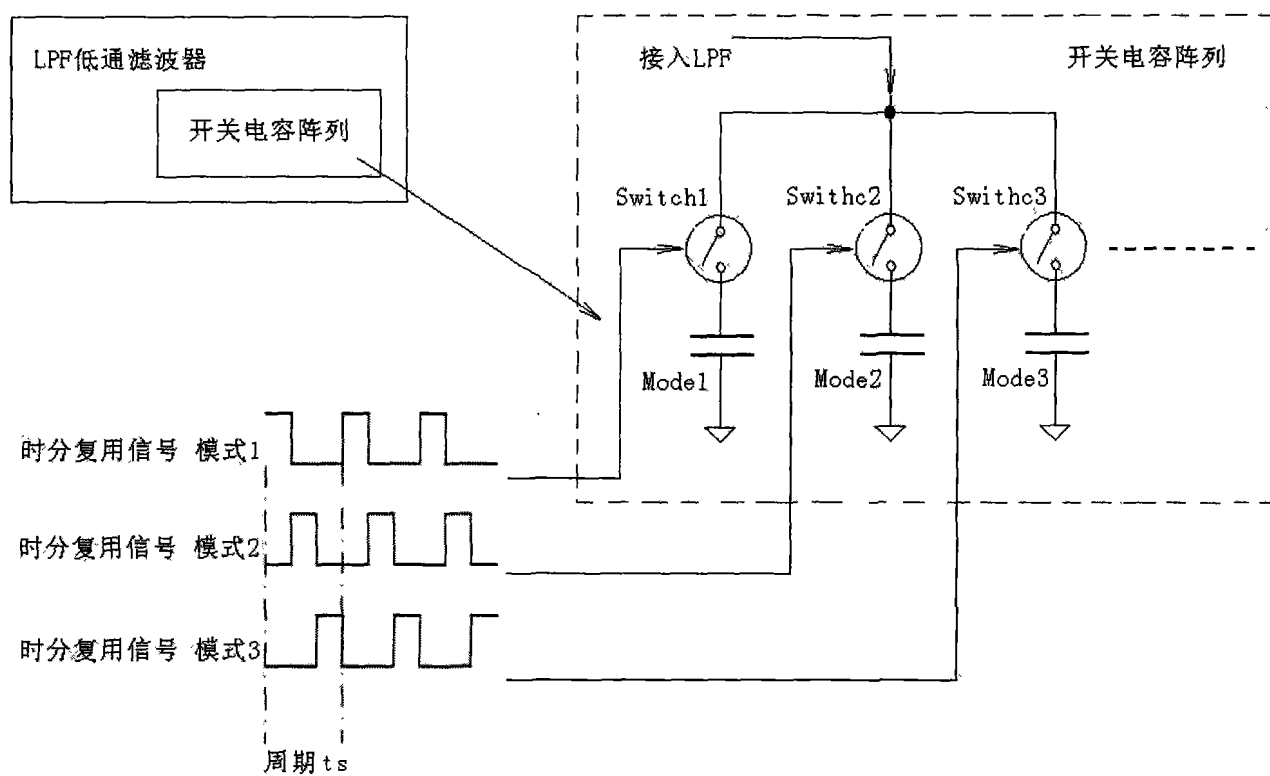


图 6