

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102088296 A

(43) 申请公布日 2011. 06. 08

(21) 申请号 201010576620. 1

(22) 申请日 2010. 12. 07

(71) 申请人 成都雷思特电子科技有限责任公司  
地址 611730 四川省成都市高新区西区创业  
服务中心

(72) 发明人 周绍槐 杨松

(74) 专利代理机构 成都金英专利代理事务所  
(普通合伙) 51218  
代理人 袁英

(51) Int. Cl.

H04B 1/16 (2006. 01)

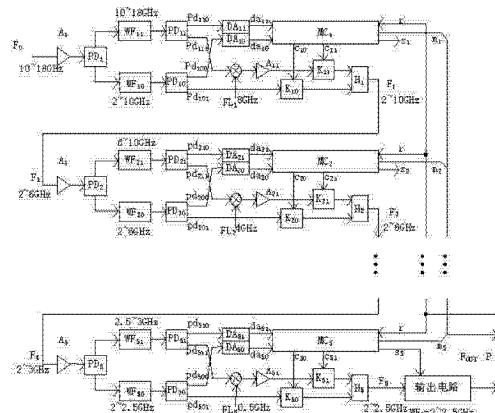
权利要求书 3 页 说明书 6 页 附图 3 页

(54) 发明名称

微波带宽折叠接收方法

(57) 摘要

本发明公开了一种微波带宽折叠接收方法：将输入频带的带宽对半折断，形成高、低子频带，且把高子频带下移至低子频带，在折叠码控制下，输出信号所在的低子频带，同时从高、低子频带中检出视频脉冲的先后顺序，输出信号标志( $s_1$ )和折叠码( $m_0$ )。折叠器折叠一次，带宽降低 1 倍，通过带宽逐级折叠，输出归一化误差射频、特征频率和绝对频率。本发明的有益效果是：频带宽，频率选择性好，截获概率接近 100%；具有瞬时测频功能，不受交叠信号干扰；输出的归一化既为精细测频创造了条件，又可直接变成宽带条件下的数字化接收机。本发明由常规元器件有机构合而成，制造容易。



1. 微波带宽折叠接收方法,其特征在于,它包括以下步骤:

- (1) 微波信号接收;
- (2) 微波信号折叠处理;
- (3) 输出归一化误差射频、对数视频脉冲、信号标志和特征码;

其中,所述的微波信号折叠处理由 1 ~ n 个串连折叠器和输出电路完成,折叠器是按频带工作的,输入频带内的射频信号送至第 1 级折叠器,进行带宽折叠处理后,输出折叠码和折叠射频,并将后者送至串连折叠器的第 2 级;第 2 级折叠器重复第 1 级折叠器处理后送至串连折叠器的第 3 级,依次下传,直到折叠器 n;

每级折叠器由微波组件和编码控制器组成,微波组件将输入频带的带宽对半折断,形成高、低子频带,而且把高子频带下移至低子频带;在折叠码控制下,输出折叠射频;同时从高、低子频带中检出的视频信号送编码控制器;编码控制器根据视频信号的先后顺序:输出信号标志和折叠码:高子频带信号先到,折叠码为 1,否则折叠码为 0;并将折叠码送微波组件,控制高、低子频带之一输出;折叠器折叠一次,带宽降低 1 倍;

末级折叠器 n 输出的折叠带宽,送输出电路,处理后输出归一化误差射频和对数视频脉冲;

每级折叠器输出的折叠码,按顺序排列起来,就是信号特征频率。

2. 根据权利要求书 1 所述的微波带宽折叠接收方法,其特征在于:输入频带  $F_0$  送折叠器 1,经带宽折叠后,输出折叠码  $m_1$ 、信号标志  $s_1$  和信号所在的低子频带  $F_1$ ,并将  $F_1$  送折叠器 2,重复折叠器 1 的工作,直到折叠器 n,并将  $F_n$  送输出电路,输出归一化误差射频  $F_{out}$  和对数直流脉冲 P;折叠器的外部复位信号 r,通常来自信号后沿,一旦复位,立即再接收信号;如果 r 延迟,延迟时间内跟踪原信号。

3. 根据权利要求书 1 所述的微波带宽折叠接收方法,其特征在于:折叠器是带宽折叠方法的关键器件,有 1 ~ n 级,依次串连而成,折叠器之间的唯一区别是带宽不同:后级折叠器的输出带宽是前级折叠器输出带宽的一半;

折叠器 i 的输出带宽  $F_{wi}$ :

$$F_{wi} = \frac{F_{w0}}{2^i} \quad i = 1, 2, \dots, n$$

式中,  $F_{w0}$ :输入带宽;

i :折叠器的级数;

输出频带  $F_i$  与输出带宽  $F_{wi}$  的关系:

$$F_i = F_{wi} + F_D \quad i = 1, 2, 3, \dots, n$$

式中,  $F_D$ : $F_0$  的下界频率。

4. 根据权利要求书 1 所述的微波带宽折叠接收方法,其特征在于:折叠器 i 由微波组件和编码控制器两部分组成,连接关系是:微波组件从高、低子频带中检出的视频脉冲  $da_{i1}$ 、 $da_{i0}$ ,送编码控制器  $MC_i$ ;  $MC_i$  根据视频脉冲所在的子频带和信号间的时域特征,输出控制信号  $c_{i1}$ 、 $c_{i0}$  到微波组件,分别控制微波开关  $K_{i1}$ 、 $K_{i0}$  的通、断。

5. 根据权利要求书 4 所述的微波带宽折叠接收方法,其特征在于:微波组件由射频放大器  $A_{i0}$ 、功分器、滤波器、检波交流放大器、变频器、微波开关和合路器  $H_i$  组成;

功分器包括前置功分器  $PD_i$ 、高子带功分器  $PD_{i1}$  和低子带功分器  $PD_{i0}$ ;

滤波器包括高子带滤波器  $WF_{i1}$  和低子带滤波器  $WF_{i0}$ ；

检波交流放大器包括高子带检波交流放大器  $DA_{i1}$  和低子带检波交流放大器  $DA_{i0}$ ；

变频器包括本振  $F_{Li}$  和射频放大器  $A_{i1}$ ；

微波开关包括高子带微波开关  $K_{i1}$  和低子带微波开关  $K_{i0}$ ；

输入频带是上一级折叠器  $i-1$  输出的子频带  $F_{i-1}$ ，经射频放大器  $A_{i0}$  放大后送前置功分器  $PD_i$ ， $PD_i$  将输入频带分成两路：第一路输出，经滤波器  $WF_{i1}$  滤出输入带宽的高半断，形成高子频带，到高子频带功分器  $PD_{i1}$ ；第二路输出，经滤波器  $WF_{i0}$  滤出输入带宽的低半断，形成低子频带，到低子频带功分器  $PD_{i0}$ ；

高子频带滤波器  $WF_{i1}$  的频率范围  $FWF_{i1}$ ：

$$FWF_{i1} = F_{Ui} \sim F_{Ui-1} \quad i = 1, 2, 3, \dots, n$$

式中， $F_{Ui}$ ：折叠器  $i$  输出的上界频率；

$F_{Ui-1}$ ：折叠器  $i-1$  输出的上界频率；

低子带滤波器  $WF_{i0}$  的频率范围  $FWF_{i0}$ ：

$$FWF_{i0} = F_D \sim F_{Ui} \quad i = 1, 2, 3, \dots, n$$

式中， $F_D$ ：输入频带的下界频率；

输出带宽  $F_{Wi}$  与高、低子频带滤波器  $FWF_{i1}$ 、 $FWF_{i0}$  的带宽的关系：

$$F_{Wi} = F_{Ui-1} - F_{Ui} = F_{Ui} - F_D \quad i = 1, 2, 3, \dots, n$$

高子频带功分器  $PD_{i1}$  的一端  $pd_{i10}$ ，经检波交流放大器  $DA_{i1}$ ，输出脉冲  $da_{i1}$  到编码控制器  $MC_i$ ； $PD_{i1}$  的另一端  $pd_{i11}$  送至下变频器，将高子频带变成低子频带后，输送至高子频带微波开关  $K_{i1}$ 。低子频带功分器  $PD_{i0}$  的一端  $pd_{i00}$ ，经检波交流放大器  $DA_{i0}$  放大后，输出脉冲  $da_{i0}$  到编码控制器  $MC_i$ ； $PD_{i0}$  的另一端  $pd_{i01}$ ，输送至低子频带微波开关  $K_{i0}$ 。 $K_{i1}$ 、 $K_{i0}$  在编码控制器  $MC_i$  的控制下，输出其一至合路器  $H_i$ ，完成频带折叠， $H_i$  输出的  $F_i$  就是下一级折叠器  $i+1$  的输入；

下变频器由混频器和射频放大器  $A_{i1}$  组成， $A_{i1}$  用来补偿下变频器的损耗，下变频器的滤波由下一级折叠器的高、低子频带滤波器完成；

混频器的本振频率  $F_{Li}$ ：

$$F_{Li} = F_{Wi} \quad i = 1, 2, 3, \dots, n$$

式中， $F_{Wi}$ ：折叠器  $i$  的输出带宽；。

6. 根据权利要求书 4 所述的微波带宽折叠接收方法，其特征在于：编码控制器  $MC_i$  由子频带标识寄存器  $D_{i1}$ 、 $D_{i0}$  和门  $G_{i0 \sim 2}$  组成；输入脉冲  $da_{i1}$ 、 $da_{i0}$  来自微波组件，分别代表高、低子频带的输出信号；在  $MC_i$  中，当高、低子频带同时输出信号时，则高、低标识寄存器  $D_{i1}$ 、 $D_{i0}$  同时被置“1”；当高、低子频带不同时输出信号时，则先输出者置“1”，后到者无效； $d_{i1}$ 、 $d_{i0}$  分别代表高、低标识寄存器  $D_{i1}$ 、 $D_{i0}$  输出；当  $d_{i1} = 0$ 、 $d_{i0} = 0$  时，信号标志  $s_i = 0$ ，否则  $s_i = 1$ ；当  $d_{i1} = 1$ ， $d_{i0} = 0$  时，折叠码  $m_i = 1$ ，否则  $m_i = 0$ 。这种状态直到复位信号到来时结束。

7. 根据权利要求书 6 所述的微波带宽折叠接收方法，其特征在于：编码控制器  $MC_i$  中，信号标志  $s_i$ ：

$$s_i = d_{i1} + d_{i0} \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \text{ 信号标志只有两种状态是稳定的：有信号时，} S (= s_1 s_2 \dots s_n) \text{ 为全 1，无信号时，} S \text{ 为全 0，其它状态都是过渡状态；}$$

子频带  $i$  的折叠码  $m_i$ ：

$$m_i = d_{i1} \overline{d_{i0}} \quad i = 1, 2, 3, \dots, n$$

折叠码  $M (= m_1 m_2 \cdots m_n)$ , 就是信号的特征频率;

S 和 M, 信号宽度内有效。

8. 根据权利要求书 4 所述的微波带宽折叠接收方法, 其特征在于: 高、低子频带微波开关受编码控制器控制; 高子频带先输出信号时, 高子频带微波开关导通, 低子频带微波开关断开; 否则, 低子频带微波开关导通(包括没收到信号), 高子频带微波开关断开;

微波开关  $K_{i1}, K_{i0}$  的控制信号  $c_{i1}, c_{i0}$ :

$$c_{i1} = m_i = \overline{c_{i0}} \quad i = 1, 2, 3, \dots, n$$

$$c_{i0} = d_{i0} + \overline{d_{i1}} \quad i = 1, 2, 3, \dots, n$$

逻辑图, 见门  $G_{i1}, G_{i0}$ 。

9. 根据权利要求书 1 所述的微波带宽折叠接收方法, 其特征在于: 所述的输出电路至少包括由滤波器  $WF_{n+1}$ 、微波开关  $K_{n+1}$  组成的基本输出电路;

输出电路输出的绝对频率 F:

$$F = (M + \frac{1}{2})F_{wn} + F_D \Delta F = \pm \frac{F_{wn}}{2}$$

$$\text{或者 } F = MF_{wn} + F_{out} \quad \Delta F = F_{out} \text{ 的测频误差}$$

$$\text{或者 } F = MF_{wn} + F_b + F_{out} - F_{dn+1} \quad \Delta F = F_{out} \text{ 的测频误差}$$

式中, M: 特征频率, 等于折叠码的顺序排列:  $M = m_1 m_2 \cdots m_n$ ;

$F_{wn}$ : 折叠器 n 的输出带宽;

$F_D$ : 输入频带的下界频率;

$F_{out}$ : 输出电路输出的误差射频;

$F_{dn+1}$ : 输出电路变频后的下界频率;

$\Delta F$ : 测频误差。

## 微波带宽折叠接收方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及宽带微波脉冲信号的接收,特别是涉及微波带宽折叠接收方法。

### 背景技术

[0002] 目前,微波接收方法大致有以下几种:晶体视频接收法、外差接收法、瞬时测频接收法、信道化接收法、微扫(压缩)接收法和声光(布喇格盒)接收法。晶体视频接收法,不能输出频率信息,交叠信号出错。外差接收法,频带窄,截获概率低,特别是捷变频信号。瞬时测频接收法,对频率分集信号、交叠信号,时常输出错误频率,且不能给出标志。信道化接收法,输出信号处理难。微扫(压缩)接收法和声光(布喇格盒)接收法,受困于关键器件技术的发展程度,运用很少。因此,面对密集而复杂的雷达信号环境,必须寻求新的接收方法,以满足频带宽、频率选择性好、适应雷达能力强、易于实现数字化等要求。

### 发明内容

[0003] 本发明的目的是:针对现有接收方法的缺陷和不足,提出一种微波带宽折叠方法,以适应密集而复杂的雷达信号环境。

[0004] 本发明是这样实现的:

[0005] (1) 带宽折叠接收方法,包括1~n个串连折叠器和输出电路。

[0006] (2) 串连折叠器:折叠器是按频带工作的,输入频带内的射频是信号送至第1级折叠器,进行带宽折叠处理后,输出折叠码和折叠射频,并将后者送至串连折叠器的第2级;第2级折叠器重复第1级折叠器处理后送至串连折叠器的第3级,依次下传,直到折叠器n。

[0007] (3) 每级折叠器由微波组件和编码控制器组成。微波组件将输入频带的带宽对半折断,形成高、低子频带,而且把高子频带下移至低子频带;在折叠码控制下,输出折叠射频;同时从高、低子频带中检出的视频信号送编码控制器;编码控制器根据视频信号的先后顺序:输出信号标志和折叠码:高子频带信号先到,折叠码为1,否则折叠码为0;并将折叠码送微波组件,控制高、低子频带之一输出。折叠器折叠一次,带宽降低1倍。

[0008] (4) 末级折叠器n输出的折叠带宽,送输出电路,处理后输出归一化误差射频和对数视频脉冲。

[0009] (5) 每级折叠器输出的折叠码,按顺序排列起来,就是信号特征频率。

[0010] 本发明的有益效果是:具有晶体视频接收机的带宽;具有外差接收机的频率选择性,信号截获概率接近100%;具有瞬时测频接收机的瞬时测频功能,时域上的任何交叠信号,输出先到信号的信息都是完整而精确的,不受交叠信号干扰;具有信道化接收机并行输出信道中先到信号的编码、归一化误差射频输出和交叠信号标志;没有微扫(压缩)接收机和声光(布喇格盒)接收机对新器件的依赖性;归一化误差射频与瞬时测频直接连接,可以得到更精细的频率;与模/数变换器直接连接,可以构成宽带条件下的数字化接收机;本发明由常规元器件的有机组合而成,制造容易。

## 附图说明

- [0011] 图 1 微波带宽折叠接收的原理流程图
- [0012] 图 2 微波带宽折叠接收机原理框图
- [0013] 图 3 折叠器的组成框图
- [0014] 图 4 微波组件原理图
- [0015] 图 5 编码控制器逻辑图
- [0016] 图 6 输出电路原理图之一
- [0017] 图 7 输出电路原理图之二
- [0018] 图 8 输出电路原理图之三
- [0019] 图 92 ~ 18GHz、5 级折叠电路原理图

## 具体实施方式

[0020] 下面结合实施例进一步描述本发明的技术方案：如图 1，微波带宽折叠接收方法是：将输入频带 ( $F_0$ ) 的带宽 ( $F_{w0}$ ) 对半折断，形成高、低子频带，且把高子频带下移至低子频带；在折叠码控制下，输出信号所在的低子频带；同时从高、低子频带中检出视频脉冲的先后顺序，输出信号标志 ( $s_1$ ) 和折叠码 ( $m_0$ )。折叠器折叠一次，带宽降低 1 倍。通过带宽逐级折叠，输出归一化误差射频 ( $F_{out}$ )、特征频率 ( $m_1m_2\dots m_n$ ) 和绝对频率（见公式 18）。

[0021] 为了下文应用，现将微波信号符号说明如下：

[0022]  $F_i$ ：输入 / 输出频带（率），也就是频率范围， $i = 0, 1, 2, \dots, n$ 。如  $i = 0$ ,  $F_0 = 2 \sim 18\text{GHz}$ ；

[0023]  $F_D$ ：下界频率，一般情况下不变。如  $F_0 = 2 \sim 18\text{GHz}$ ，则  $F_D = 2\text{GHz}$ ；

[0024]  $F_{U0}$ ：上界频率。如  $i = 0$ ,  $F_0 = 2 \sim 18\text{GHz}$ ，则  $F_{U0} = 18\text{GHz}$ ；

[0025]  $F_{wi}$ ：带宽。如  $i = 0$ ,  $F_0 = 2 \sim 18\text{GHz}$ ，则

[0026]  $F_{w0} = F_{U0} - F_D = 18\text{GHz} - 2\text{GHz} = 16\text{GHz}$ ；

[0027] 如图 2，根据微波带宽折叠接收方法构造的原理框图，由串连折叠器 1 ~ n 级和输出电路组成。输入频带  $F_0$ （代表其中的所有信号）送折叠器 1，经带宽折叠后，输出折叠码  $m_1$ 、信号标志  $s_1$  和信号所在的低子频带  $F_1$ ，并将  $F_1$  送折叠器 2，重复折叠器 1 的工作，直到折叠器  $n$ ，并将  $F_n$  送输出电路，输出归一化误差射频  $F_{out}$  和对数直流脉冲  $P$ ；折叠器的外部复位信号  $r$ ，通常来自信号后沿，一旦复位，立即再接收信号；如果  $r$  延迟，延迟时间内跟踪原信号。

[0028] 折叠器  $i$  的输出带宽  $F_{wi}$ ：

$$F_{wi} = \frac{F_{w0}}{2^i} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

[0030] 式中， $F_{w0}$ ：输入（设计）带宽；

[0031]  $i$ ：折叠器的级数。

[0032] 如果已知折叠器的输入带宽  $F_{w0}$  和输出带宽  $F_{wi}$ ，代入 (1) 式，就可算出折叠器的总级数  $n$ 。

[0033] 输出频带  $F_i$  与输出带宽  $F_{wi}$  的关系：

$$F_i = F_{wi} + F_D \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2)$$

[0035] 式中,  $F_D : F_0$  的下界频率。

[0036] 如图 3, 折叠器  $i$  由微波组件和编码控制器两部分组成, 连接关系是: 微波组件从高、低子频带中检出的视频脉冲  $da_{i1}, da_{i0}$ , 送编码控制器  $MC_i$ ;  $MC_i$  根据视频脉冲所在的子频带和信号间的时域特征, 输出控制信号  $c_{i1}, c_{i0}$  到微波组件, 分别控制微波开关  $K_{i1}, K_{i0}$  的通、断。

[0037] 如图 4, 微波组件由射频放大器  $A_{i0}$ 、功分器 (包括前置功分器  $PD_i$ 、高子带功分器  $PD_{i1}$  和低子带功分器  $PD_{i0}$ )、滤波器 (包括高子带滤波器  $WF_{i1}$  和低子带滤波器  $WF_{i0}$ )、检波交流放大器 (包括高子带检波交流放大器  $DA_{i1}$  和低子带检波交流放大器  $DA_{i0}$ )、变频器 (包括本振  $F_{Li}$  和射频放大器  $A_{i1}$ )、微波开关 (包括高子带微波开关  $K_{i1}$  和低子带微波开关  $K_{i0}$ ) 和合路器  $H_i$  组成。

[0038] 微波组件是这样工作的: 输入频带是上一级折叠器  $i-1$  输出的子频带  $F_{i-1}$ , 经射频放大器  $A_{i0}$  放大后送前置功分器  $PD_i$ ,  $PD_i$  将输入频带分成两路: 第一路输出, 经滤波器  $WF_{i1}$  滤出输入带宽的高半断, 形成高子频带, 到高子带功分器  $PD_{i1}$ ; 第二路输出, 经滤波器  $WF_{i0}$  滤出输入带宽的低半断, 形成低子频带, 到低子带功分器  $PD_{i0}$ 。

[0039] 高子频带滤波器  $WF_{i1}$  的频率范围  $FWF_{i1}$ :

$$FWF_{i1} = F_{Ui} \sim F_{Ui-1} \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (3)$$

[0041] 式中,  $F_{Ui}$ : 折叠器  $i$  输出的上界频率;

[0042]  $F_{Ui-1}$ : 折叠器  $i-1$  输出的上界频率。

[0043] 低子带滤波器  $WF_{i0}$  的频率范围  $FWF_{i0}$ :

$$FWF_{i0} = F_D \sim F_{Ui} \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (4)$$

[0045] 式中,  $F_D$ : 输入频带的下界频率。

[0046] 输出带宽  $F_{Wi}$  与高、低子频带滤波器  $FWF_{i1}, FWF_{i0}$  的带宽的关系:

$$F_{Wi} = F_{Ui-1} - F_{Ui} = F_{Ui} - F_D \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (5)$$

[0048] (5) 式说明: 折叠器  $i$  输出的带宽等于高、低子频带滤波器  $FWF_{i1}, FWF_{i0}$  的带宽

[0049] 高子频带功分器  $PD_{i1}$  的一端  $pd_{i10}$ , 经检波交流放大器  $DA_{i1}$ , 输出脉冲  $da_{i1}$  到编码控制器  $MC_i$ ;  $PD_{i1}$  的另一端  $pd_{i11}$  送至下变频器, 将高子频带变成低子频带后, 输送至高子频带微波开关  $K_{i1}$ 。低子频带功分器  $PD_{i0}$  的一端  $pd_{i00}$ , 经检波交流放大器  $DA_{i0}$  放大后, 输出脉冲  $da_{i0}$  到编码控制器  $MC_i$ ;  $PD_{i0}$  的另一端  $pd_{i01}$ , 输送到低子频带微波开关  $K_{i0}$ 。 $K_{i1}, K_{i0}$  在编码控制器  $MC_i$  的控制下, 输出其一至合路器  $H_i$ , 完成频带折叠。 $H_i$  输出的  $F_i$  就是下一级折叠器  $i+1$  的输入。

[0050] 下变频器由混频器和射频放大器  $A_{i1}$  组成,  $A_{i1}$  用来补偿下变频器的损耗, 下变频器的滤波由下一级折叠器的高、低子频带滤波器完成。

[0051] 混频器的本振频率  $F_{Li}$ :

$$F_{Li} = F_{Wi} \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (6)$$

[0053] 式中,  $F_{Wi}$ : 折叠器  $i$  的输出带宽, 见公式 (1)。

[0054] 如图 5, 编码控制器  $MC_i$  的逻辑图。编码控制器  $MC_i$  由子频带标识寄存器  $D_{i1}, D_{i0}$  和门  $G_{i0 \sim 2}$  组成; 输入脉冲  $da_{i1}, da_{i0}$  来自微波组件, 分别代表高、低子频带的输出信号; 在  $MC_i$  中, 当高、低子频带同时输出信号时, 则高、低标识寄存器  $D_{i1}, D_{i0}$  同时被置“1”; 当高、低子频带不同时输出信号时, 则先输出者置“1”, 后到者无效;  $d_{i1}, d_{i0}$  分别代表高、低标识寄存器

$D_{i1}$ 、 $D_{i0}$  输出 ; 当  $d_{i1} = 0$ 、 $d_{i0} = 0$  时, 信号标志  $s_i = 0$ , 否则  $s_i = 1$ ; 当  $d_{i1} = 1$ ,  $d_{i0} = 0$  时, 折叠码  $m_i = 1$ , 否则  $m_i = 0$ 。这种状态直到复位信号到来时结束。

[0055] 子频带标识寄存器  $D_{i1}$ 、 $D_{i0}$  的输入逻辑表达式 :

[0056] 信号前沿输入端 ( $D_i$  中的 “>”) :  $cp/D_{i1}$ 、 $cp/D_{i0}$ , 分别为 :

$$cp/D_{i1} = da_{i1} \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (7)$$

$$cp/D_{i0} = da_{i0} \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (8)$$

[0059]  $D_{i1}$ 、 $D_{i0}$  的 D 端 :  $D/D_{i1}$ 、 $D/D_{i0}$ , 分别为 :

$$D/D_{i1} = \overline{d_{i0}} \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (9)$$

$$D/D_{i0} = \overline{d_{i1}} \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (10)$$

[0062] 式中,  $\overline{d_{i0}}$ 、 $\overline{d_{i1}}$  : 分别为低标识寄存器  $D_{i0}$ 、 $D_{i1}$  输出  $d_{i0}$ 、 $d_{i1}$  的反码。

[0063] 信号结束靠  $D_{i1}$ 、 $D_{i0}$  的异步复位端  $c/D_{i1,0}$  的复位脉冲, 逻辑表达式 :

$$c/D_{i1,0} = r \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (11)$$

[0065] 式中,  $r$  : 复位脉冲 ; 脉冲信号, 产生于脉冲后沿 ; 连续波信号产生于脉冲宽度超时。

[0066]  $D_{i1}$ 、 $D_{i0}$  的输出功能 :

[0067] 信号标志  $s_i$  (见门  $G_{i2}$ ) :

$$s_i = d_{i1} + d_{i0} \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (12)$$

[0069] 信号标志只有两种状态是稳定的 : 有信号时,  $S (= s_1 s_2 \dots s_n)$  为全 1, 无信号时,  $S$  为全 0, 其它状态都是过渡状态。

[0070] 子频带  $i$  的折叠码  $m_i$  (见门  $G_{i1,0}$ ) :

$$m_i = d_{i1} \overline{d_{i0}} \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (13)$$

[0072] 折叠码  $M (= m_1 m_2 \dots m_n)$ , 就是信号的特征频率。

[0073]  $S$  和  $M$ , 信号宽度内有效。

[0074] 高、低子频带微波开关受编码控制器控制 : 高子频带先输出信号时, 高子频带微波开关导通, 低子频带微波开关断开 ; 否则, 低子频带微波开关导通 (包括没收到信号), 高子频带微波开关断开。微波开关  $K_{i1}$ 、 $K_{i0}$  的控制信号  $c_{i1}$ 、 $c_{i0}$  :

$$c_{i1} = m_i = \overline{c_{i0}} \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (14)$$

$$c_{i0} = d_{i0} + \overline{d_{i1}} \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (15)$$

[0077] 逻辑图, 见门  $G_{i1}$ 、 $G_{i0}$ 。

[0078] 折叠器  $i$  是通用的,  $i$  取  $1 \sim n$  中的任何 1 个值, 代入公式 (1) ~ (6) 中, 就能得到该级折叠器的全部参数。

[0079] 如图 6, 输出电路原理图之一 : 基本输出电路。由射频放大器  $A_{n+1}$ 、滤波器  $WF_{n+1}$ 、微波开关  $K_{n+1}$  和检波对数直流放大器 DLVA 组成。 $A_{n+1}$  对射频作最后放大,  $WF_{n+1}$  完成折叠器  $n$  高子频带折叠后的遗留滤波, 带宽等于  $FWF_{n0}$ , 计算公式见公式 (4)。 $FWF_{n+1}$  的输出送微波开关  $K_{n+1}$ , 输出到检波对数直流放大器 DLVA, 输出视频脉冲  $P$ 。微波开关  $K_{n+1}$ , 受末级折叠器  $n$  的信号标志  $s_n$  控制 ; 没信号时  $s_n = 0$ ,  $K_{n+1}$  为断开状态, 禁止信号输出, 目的是禁止最低子频带内的连续波通过全部低子频带的输出 ; 有信号时,  $s_n = 1$ ,  $K_{n+1}$  通, 输出信号。

[0080] 如图 7, 输出电路原理图之二 : 增加了归一化误差射频输出。在图 6 中, 微波开关

$K_{n+1}$  与检波对数直流放大器 DLVA 之间, 加了一个功分器  $PD_{n+1}$ 。 $PD_{n+1}$  的一端接 DLVA, 输出视频脉冲  $P$ ; 另一端输出归一化误差频率  $F_{out}$ 。

[0081] 如图 8, 输出电路原理图之三: 降低归一化误差射频输出。在图 7 的  $F_{out}$  之后增加了一级下变频器: 混频器、滤波器  $WF_{n+2}$  和射频放大器  $A_{n+1}$ 。目的是降低输出频率, 以便提高测频精度或直接数字化。本振频率  $FL_{n+1}$ :

$$[0082] F_{Ln+1} = F_D - F_{Dn+1} \quad (16)$$

[0083] 式中,  $F_{Dn+1}$ : 输出电路中输出信号的下界频率,

[0084] 滤波器  $WF_{n+2}$  的带宽:

$$[0085] FWF_{n+2} = F_{Dn+1} \sim F_{Dn+1} + F_{Wn} \quad (17)$$

[0086] 以上三种输出电路中, 基本输出电路是必不可少的, 特别是滤波器  $WF_{n+1}$ 、微波开关  $K_{n+1}$ 。

[0087] 三种输出电路输出的绝对频率  $F$ :

$$[0088] F = (M + \frac{1}{2})F_{Wn} + F_D \Delta F = \pm \frac{F_{Wn}}{2} \quad (\text{图 6})$$

$$[0089] = MF_{Wn} + F_{out} \quad \Delta F = F_{out} \text{ 的测频误差 (图 7)}$$

$$[0090] = MF_{Wn} + F_D + F_{out} - F_{Dn+1} \quad \Delta F = F_{out} \text{ 的测频误差 (图 8)} \quad (18)$$

[0091] 式中,  $M$ : 特征频率, 等于折叠码的顺序排列:  $M = m_1 m_2 \cdots m_n$ ;

[0092]  $F_{Wn}$ : 折叠器  $n$  的输出带宽;

[0093]  $F_D$ : 输入频带的下界频率;

[0094]  $F_{out}$ : 输出电路输出的误差射频;

[0095]  $F_{Dn+1}$ : 输出电路变频后的下界频率;

[0096]  $\Delta F$ : 测频误差。

[0097] 频带下移并非一定要放到输出电路中。下变频器从原理上讲是非常灵活的, 关键取决于折叠器的级数和系统的需要。如果折叠器的级数多, 其间可插入一级下变频器, 降低输入频带的上、下界频率。此后折叠器的上、下界频率, 必须用下变频器之后的上、下界频率; 下变频器前的折叠器, 仍保持原来的上、下界频率不变。

[0098] 以上折叠器中, 下变频时都是采用的低本振, 优点甚多。实际应用中也可以用高本振, 或高、低本振混合。不过折叠码、输出频率表达式等会发生变化, 但终值不变。

[0099] 如图 9, 2 ~ 18GHz、5 级折叠电路原理图

[0100] 当输入频带  $F_0 = 2 \sim 18GHz$ , 折叠器级数  $n = 5$  时:

[0101] 代入(1)式, 输出带宽  $P_{W5} = 0.5GHz$ ;

[0102] 代入(2)式, 输出频带  $F_5 = 2.5GHz$ ;

[0103] 代入(3)式, 高子频带滤波器  $WF_{1 \sim 51}$  的频率范围  $FWF_{1 \sim 51}: 10 \sim 18GHz, 6 \sim 10GHz, 4 \sim 6GHz, 3 \sim 4GHz, 2.5 \sim 3GHz$

[0104] 代入(4)式, 低子带滤波器  $WF_{1 \sim 50}$  的频率范围  $FWF_{1 \sim 50}: 2 \sim 10GHz, 2 \sim 6GHz, 2 \sim 4GHz, 2 \sim 3GHz, 2 \sim 2.5GHz$ ;

[0105] 代入(6)式, 混频器的本振频率  $F_{L1 \sim 5}: 8GHz, 4GHz, 2GHz, 1GHz, 0.5GHz$ ;

[0106] 频率特征码  $M = m_1 m_2 m_3 m_4 m_5$ 。

[0107] 以上参数, 标注在图中。

[0108] 输出电路,根据需要可选图 6、图 7、图 8 中之 1 :图 6 输出视频脉冲 P ;图 7 增加了归一化误差射频  $F_{OUT}$  输出;图 8 下移归一化误差射频  $F_{OUT}$ ,当  $FLX = 1.9GHz$ ,  $WF_7 = 0.1 \sim 0.6GHz$  时,  $F_{OUT}$  的下界频率由 2GHz 变成了 0.1GHz,上界频率由 2.5GHz 变成了 0.6GHz,即:  $F_{OUT} = 0.1 \sim 0.6GHz$ 。于是可以直接数字化。不同输出电路输出的绝对频率见公式 (18)。

[0109] 以上所述,仅为本发明原理具体实施例,但是本发明的构造特征并不局限于此,任何熟悉该项技术者在本发明领域内,可轻易思及的变化或修饰,皆属于本发明权利要求保护范围内。

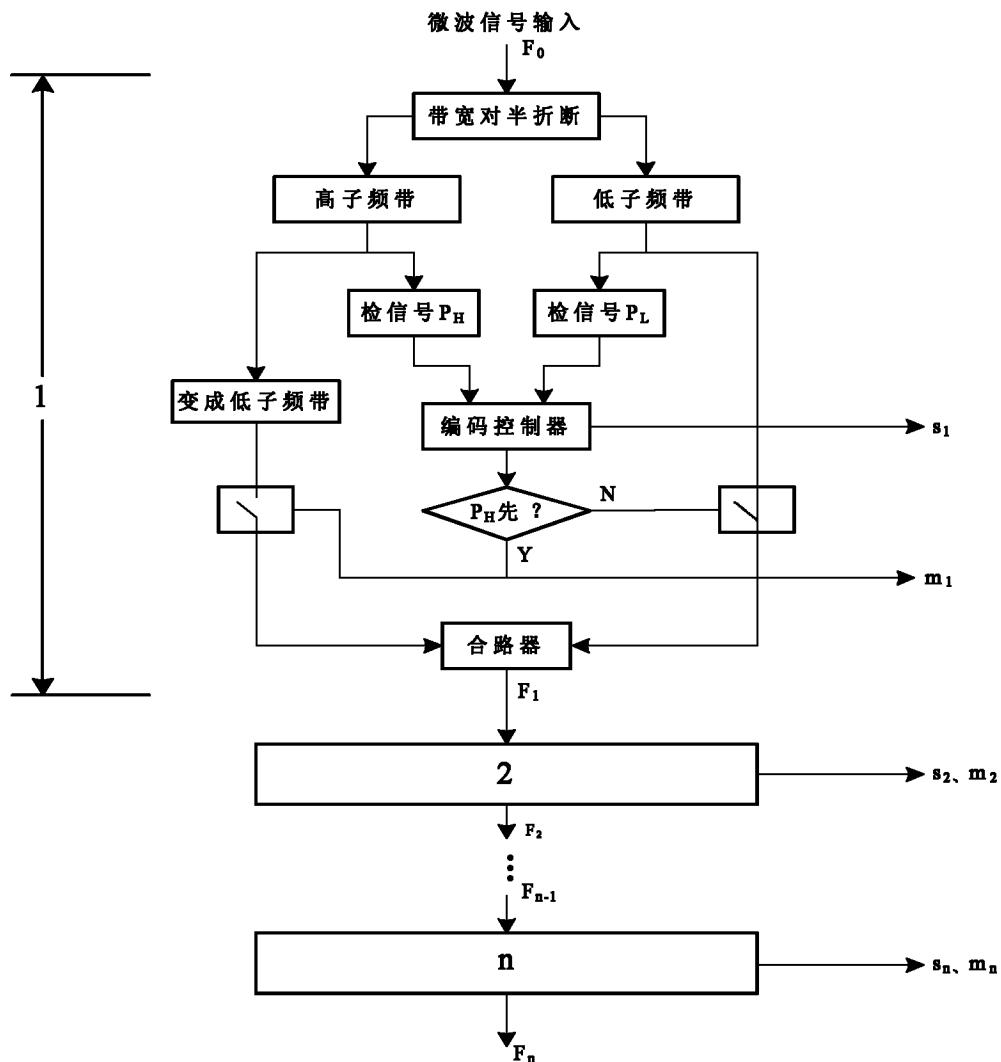


图 1

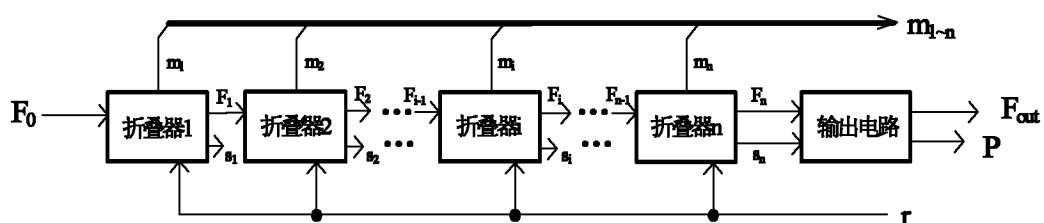


图 2

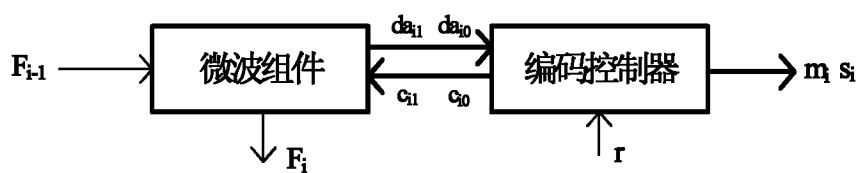


图 3

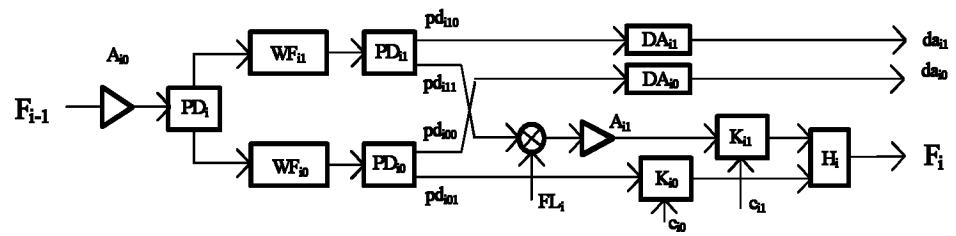


图 4

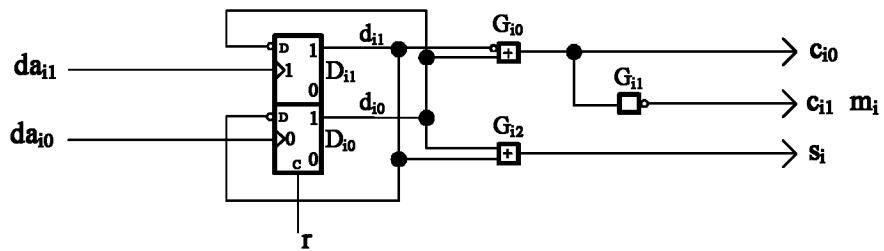


图 5

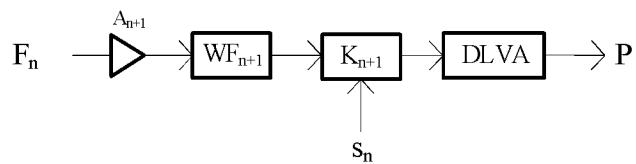


图 6

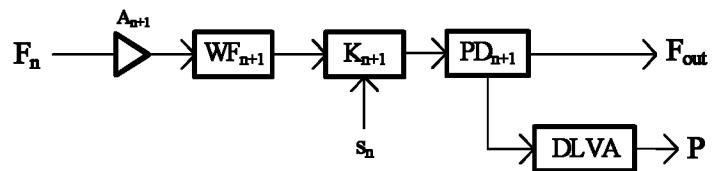


图 7

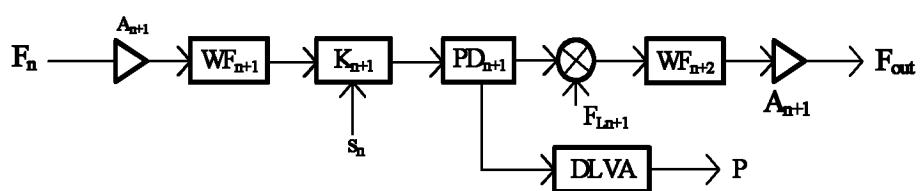


图 8

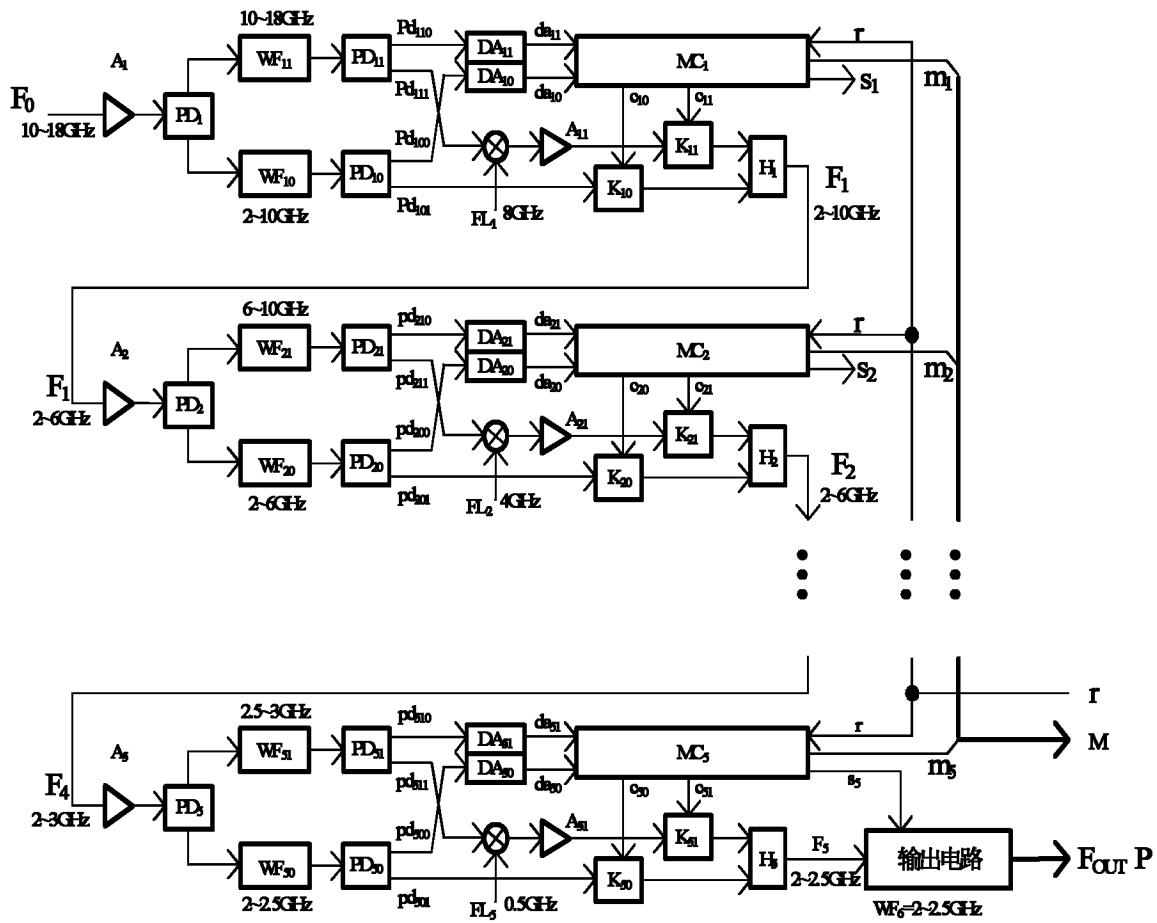


图 9