

# 第10章 现代数字调制

10.1 四进制相移键控(4PSK或QPSK)的改进型

10.2 高斯最小频移键控

10.3 正交振幅调制(QAM)

10.4 多载波调制

10.5 扩频调制原理

# 10.1 四进制相移键控(4PSK或QPSK) 的改进型

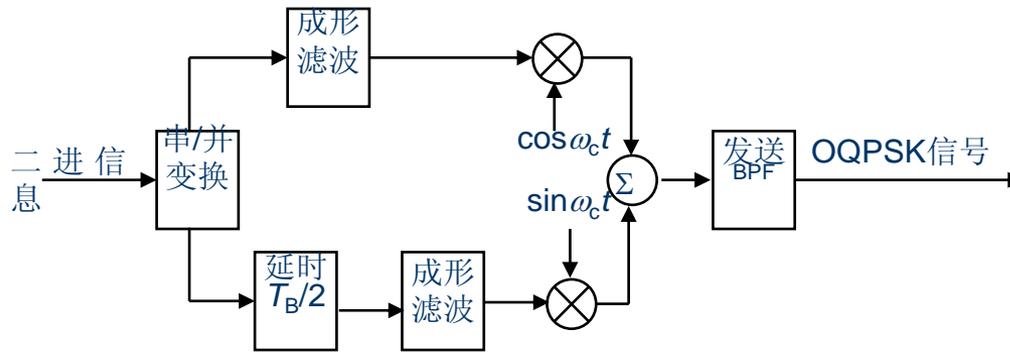
10.1.1 参差QPSK调制原理

10.1.2  $\pi/4$ -QPSK调制原理

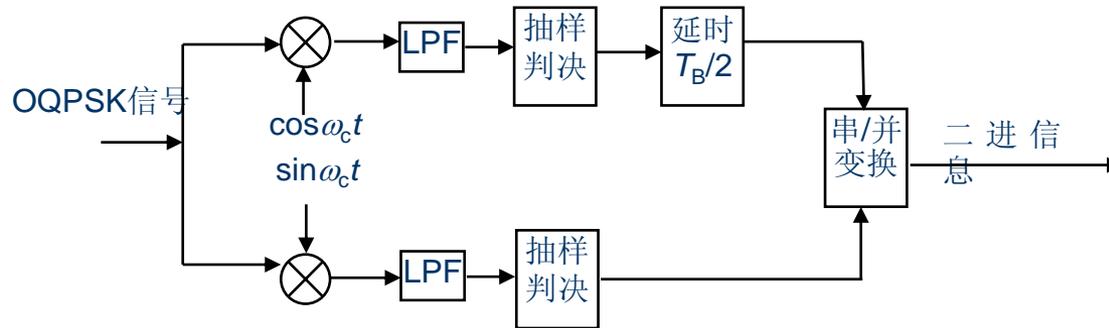
## 10.1.1 参差QPSK调制原理

参差QPSK又可简记为OQPSK，其调制解调原理框图如 [图10.2](#)所示。从图中可见，它与4PSK调制的不同点是下支路(又称正交支路，Q支路)经过 $T_B/2$ 的延迟后，再与载波相乘，收端解调上支路(又称同相支路，I支路)有 $T_B/2$ 延迟。对于调制端来说，正交支路延迟 $T_B/2$ ，即半个码元，就可消除4PSK 中的中的 $\pm 180^\circ$  相位跳变，使最大跳变不超过 $\pm 90^\circ$ 。

# 图10.2 OQPSK调制解调方框图



(a)调制器



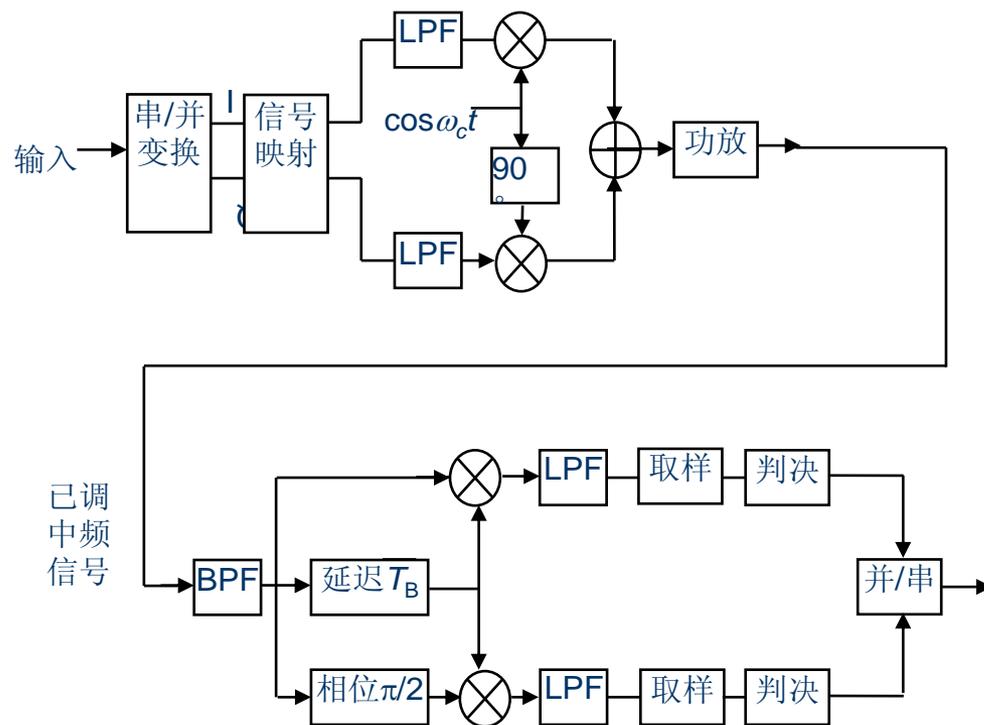
(b)解调器

## 10.1.2 $\pi/4$ -QPSK调制原理

$\pi/4$ -QPSK是4PSK与OQPSK的折衷，其最大相位跳变为 $\pm 135^\circ$ 。因此，通过带通滤波的 $\pi/4$ -QPSK信号比带通的4PSK信号有较小的包络起伏，但比OQPSK通过带通的信号包络起伏大。 $\pi/4$ -QPSK可采用相干解调，也可采用非相干解调。其非相干解调使得接收机大大简化。这也是最吸引人处。

$\pi/4$ -QPSK调制解调方框图如图10.4所示。接收端采用中频差分检测和鉴频器检测等方法。

# 图10.4 /4QPSK调制解调方框图



## 10.2 高斯最小频移键控

10.2.1 最小频移键控(MSK)原理

10.2.2 高斯最小频移键控

## 10.2.1 最小频移键控(MSK)原理

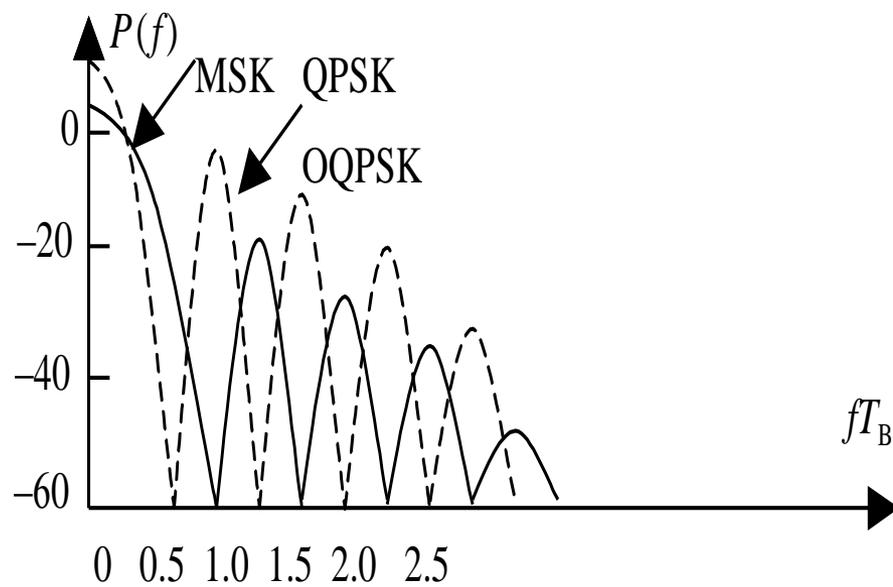
MSK是一种二进制连续相位的频移键控(CP2FSK)。或者说它是调频指数为0.5的连续相位2FSK。MSK是一种高效调制方法，特别适合于移动无线通信系统中使用，它有很多好的特性，例如恒定包络，频谱利用率高，误比特率低和自同步性能。下面从MSK信号和MSK调制、解调两方面简单介绍MSK的原理。

### 1. MSK信号

MSK信号功率谱密度图如 [图10.5](#)所示。

### 2. MSK的调制与解调

## 图10.5 MSK功率谱图



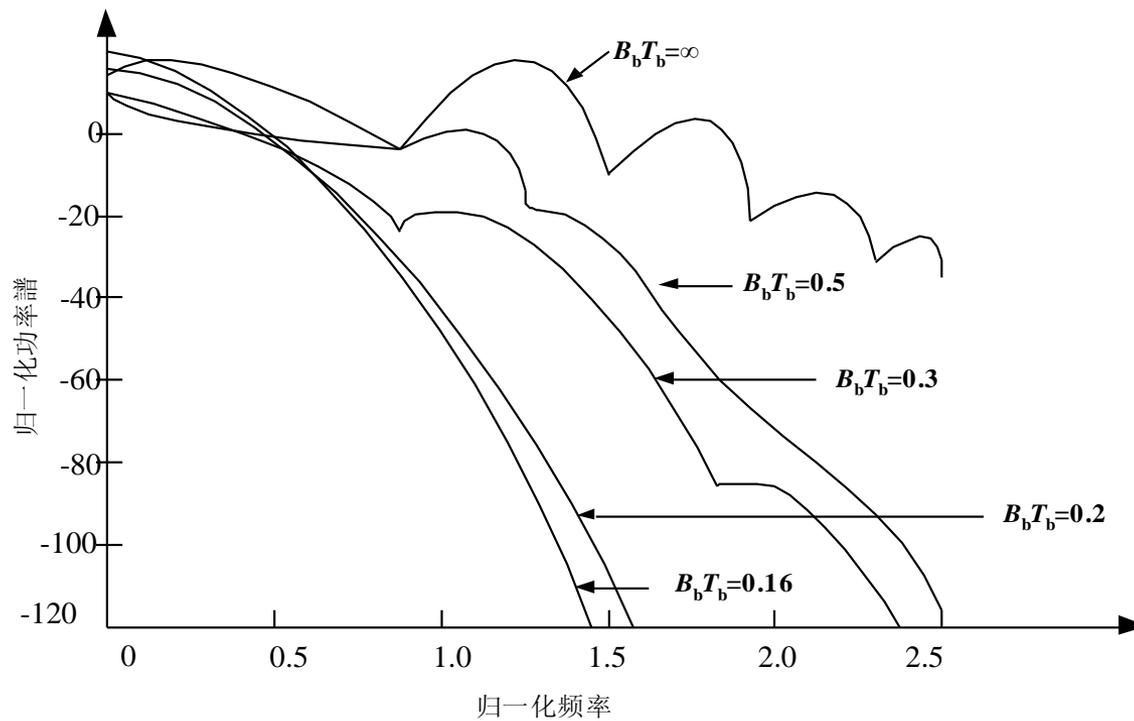
## 10.2.2 高斯最小频移键控

MSK信号具有恒定包络、相对窄带的带宽、相位连续等一系列优点。但它的旁瓣对于要求较高传输速率的数字传输系统来讲，不能满足 $-80\text{dB} \sim -60\text{dB}$ 的指标，为此还要对MSK作进一步的改进，这就是GMSK方式。

GMSK实现起来较简单，只需在MSK调制器前加一个高斯型滤波器，就可输出功率谱密度更紧凑，满足指标的调制信号。

1. GMSK信号功率谱 [图10.7 GMSK信号的功率谱图](#)
2. GMSK的调制与解调框图

# 图10.7 GMSK信号的功率谱图



## 10.3 正交振幅调制(QAM)

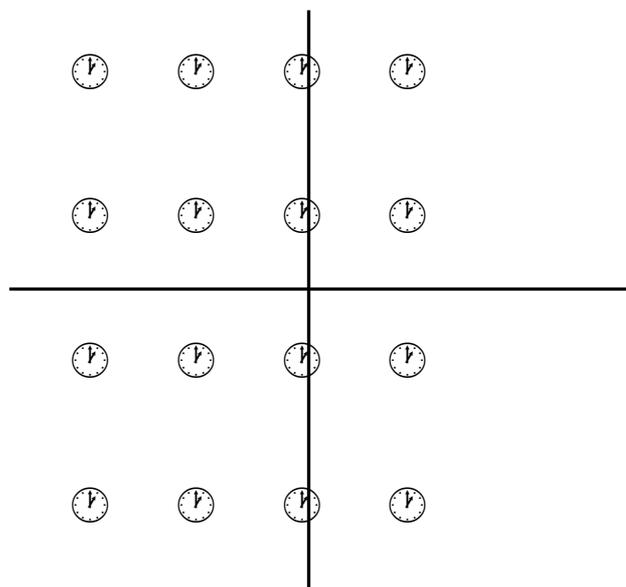
1. MQAM的星座图表示

图10.9 16PSK和16QAM的星座图

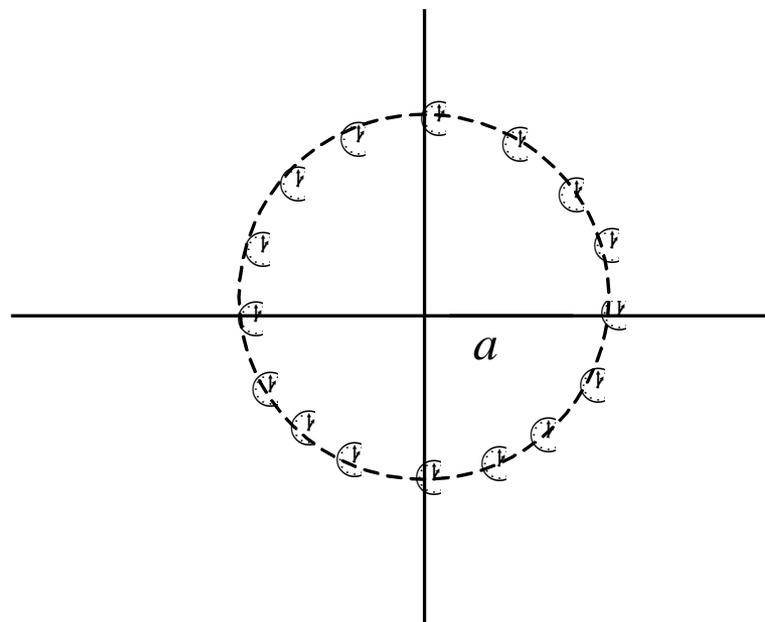
2. QAM的调制解调原理

3. QAM的改进方案

# 图10.9 16PSK和16QAM的星座图



16QAM 星座图

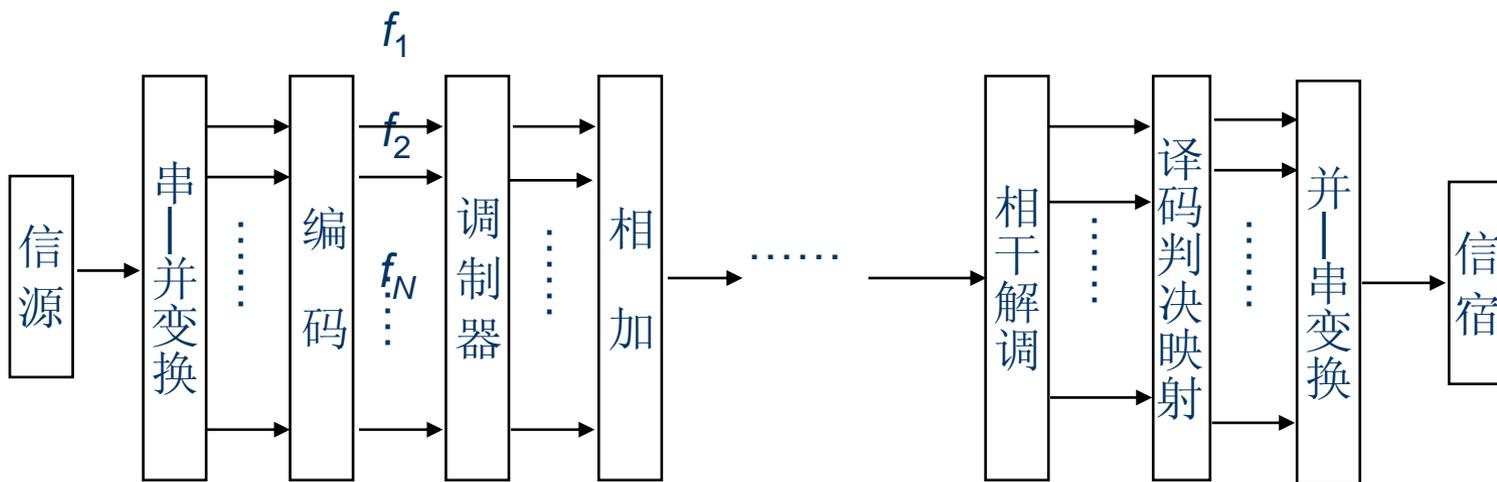


16PSK 星座图

## 10.4 多载波调制

多载波调制系统方框图如 [图10.12](#)所示。多载波调制的基本思想是在发端将高速率的信息数据流经串/并变换，分割成若干路低速数据流，再将每个低速率数据用相互独立的载波调制到某一频率，最后将所有的已调低速率数据迭加在一起，构成发送信号进行相干接收，获得低速率信息数据后，再通过并/串变换得到原来的高速信号。

# 图10.12 多载波调制系统方框图



## 10.5 扩频调制原理

10.5.1 伪随机码序列的产生及性质

10.5.2 直接序列(DS)扩频调制

10.5.3 跳频扩频调制

## 10.5.1 伪随机码序列的产生及性质

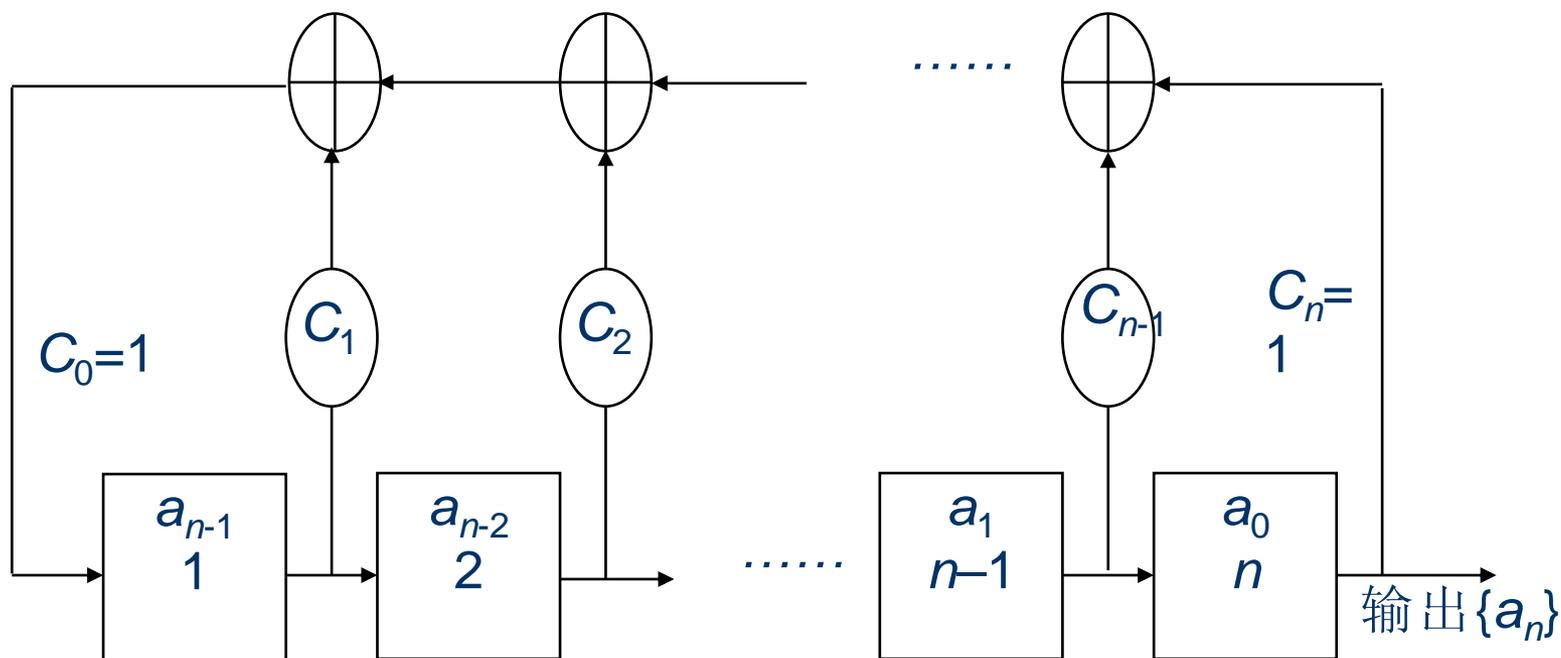
在扩频调制系统中，用的较多的一种伪随机码是m序列。m序列是最长线性反馈移位寄存器序列的简称，是一个循环的二元码序列，它的周期为：

$$P=2^n-1$$

其中 $n$ 为移位寄存器的级数。

m序列产生器一般方框图如 图10.14所示。它由 $n$ 级寄存器，时钟脉冲产生器(省略未画)及一些模二加法器适当连接而成。图中 $a_i$ 表示某级寄存的状态， $C_i$ 表示反馈连线状态， $C_i=1$ 表示此线连接， $C_i=0$ 表示此线断， $C_0=C_n=1$ 。

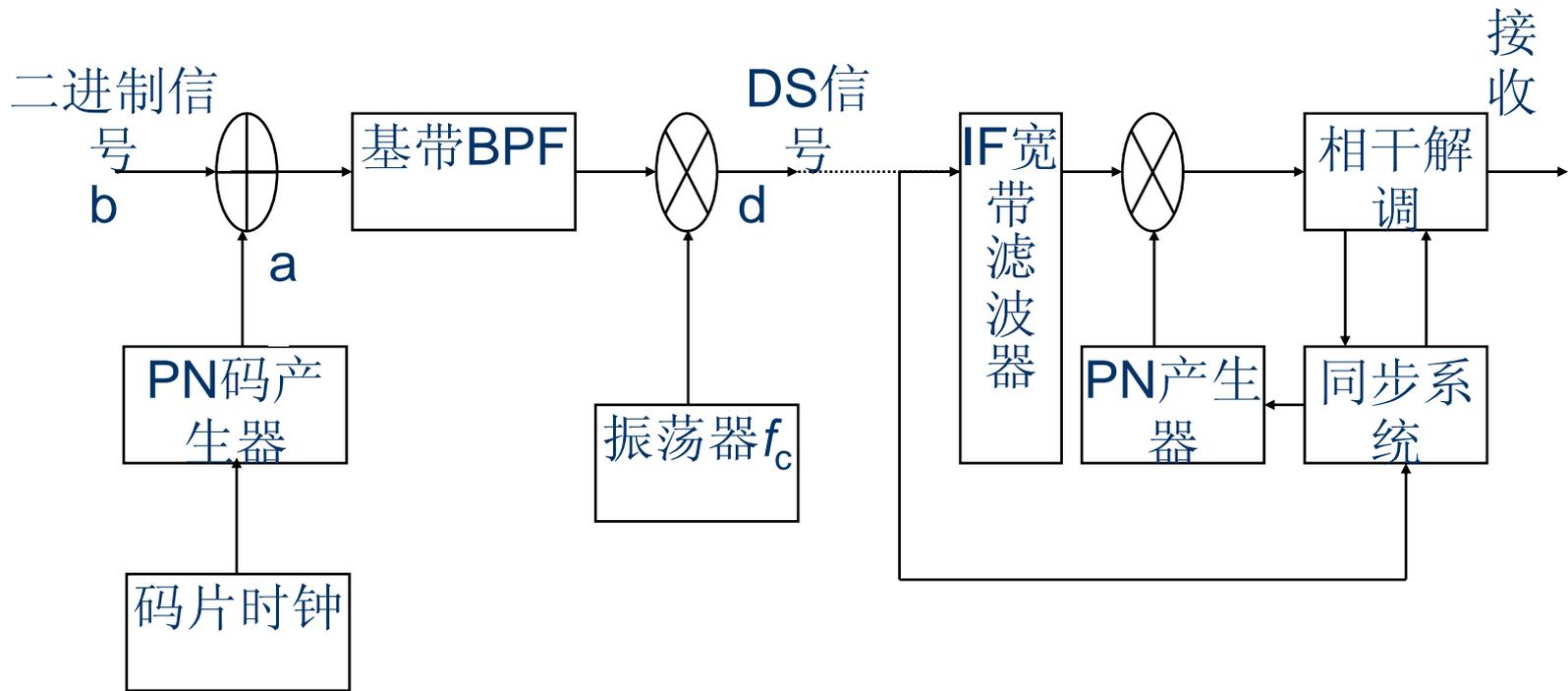
# 图10.14 m序列产生器一般方框图



## 10.5.2 直接序列(DS)扩频调制

直接序列(DS)扩频调制简称直扩，是一种广泛应用的扩频技术。采用2PSK进行频谱搬移调制的直扩系统框图见 [图10.16](#)所示。图中表明，直扩是通过PN码与二进制基带信号直接相加(模二相加，也可相乘)来扩展基带数据，再进行2PSK调制得到DS信号的。图中“码片”表示PN码的一个脉冲或一个符号。接收端将DS信号混频为中频信号再进行解扩和2PSK相干解调得到原二进制序列，发端收端PN码应完全相同、相位一致。

# 图10.16 2SPSK直扩系统框图



## 10.5.3 跳频扩频调制

跳频扩频系统方框图如 [图10.18](#)所示。跳频是指把信道带宽分为大量邻接频槽，在传输信号的时间内，信号采用一个或几个频槽的扩频方式。在任何传输信号情况下，频槽的选择是随机的，可以通过PN码控制频率合成的产生。接收机恢复原数字信号称解跳，发、收端所使用的PN码产生的应完全一样并同步。跳频有快跳频和慢跳频之分，如果每个码有多次调频，称为快跳频；反之，如果跳频的速率与传码率相同，称为慢跳频。跳频抗干扰(窄带干扰)是采用“躲避”机制。

# 图10.18 跳频扩频系统方框图

