

# 第四章 GPS卫星信号

4.1 概述

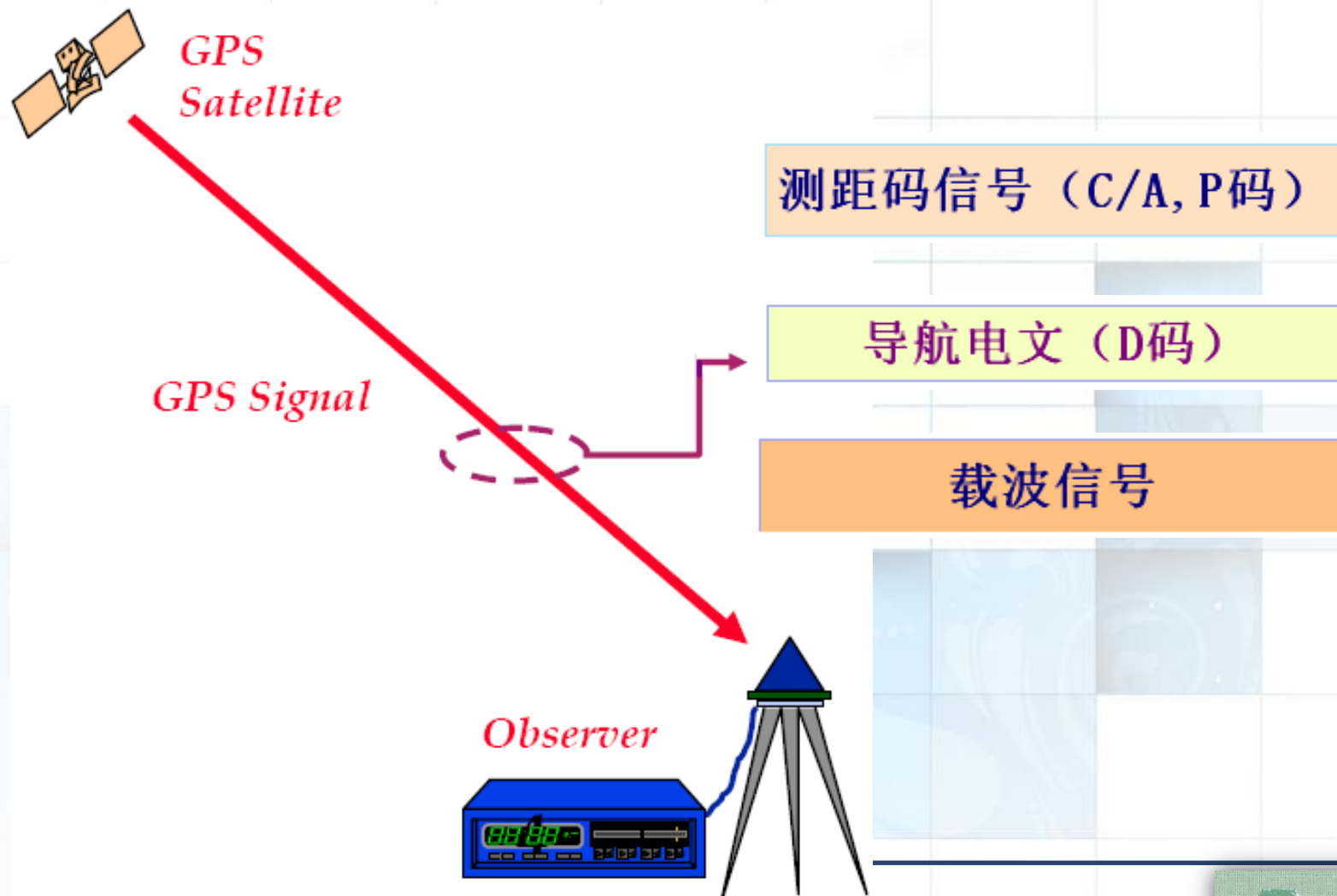
4.2 卫星导航电文

4.3 卫星信号

4.4 GPS接收机



# 4.3 GPS信号概述



## 4.3 GPS卫星信号

- 测距码设计考虑因素：  
捕获和跟踪的特点  
相关性，  
交互操作  
实现的复杂度等



## 4.3 GPS卫星信号

综合考虑频率可用性，传播影响和系统设计  
选择L波段

- L波段：  
L1 1575.42MHz 波长19.032cm  
L2 1227.6MHz 波长24.42cm



# 1. 测距码

- 伪随机噪声码
- 测距码



- 伪随机噪声码
- 相关性分析



- 码：表达信息的二进制数及其组合。
- 随机噪声码：每一时刻，码元是0或是1完全是随机的一组码序列，这种码元幅值是完全无规律的码序列，称为随机噪声码序列。
- 特性：它是一种非周期序列，无法复制。但是，随机噪声码序列却有良好的自相关性。





- 伪随机噪声码：Pseudo Random Noise code  
根据确定的编码规则取值为0或者1的二进制离散序列，具有一定周期性和良好的相关性。

10111100011001101001110001110001011110001100110100111000111000



A Short Repeating PRN Code Sample



# 对比分析

## 随机噪声码

良好的自相关性

但无规律，不能复制

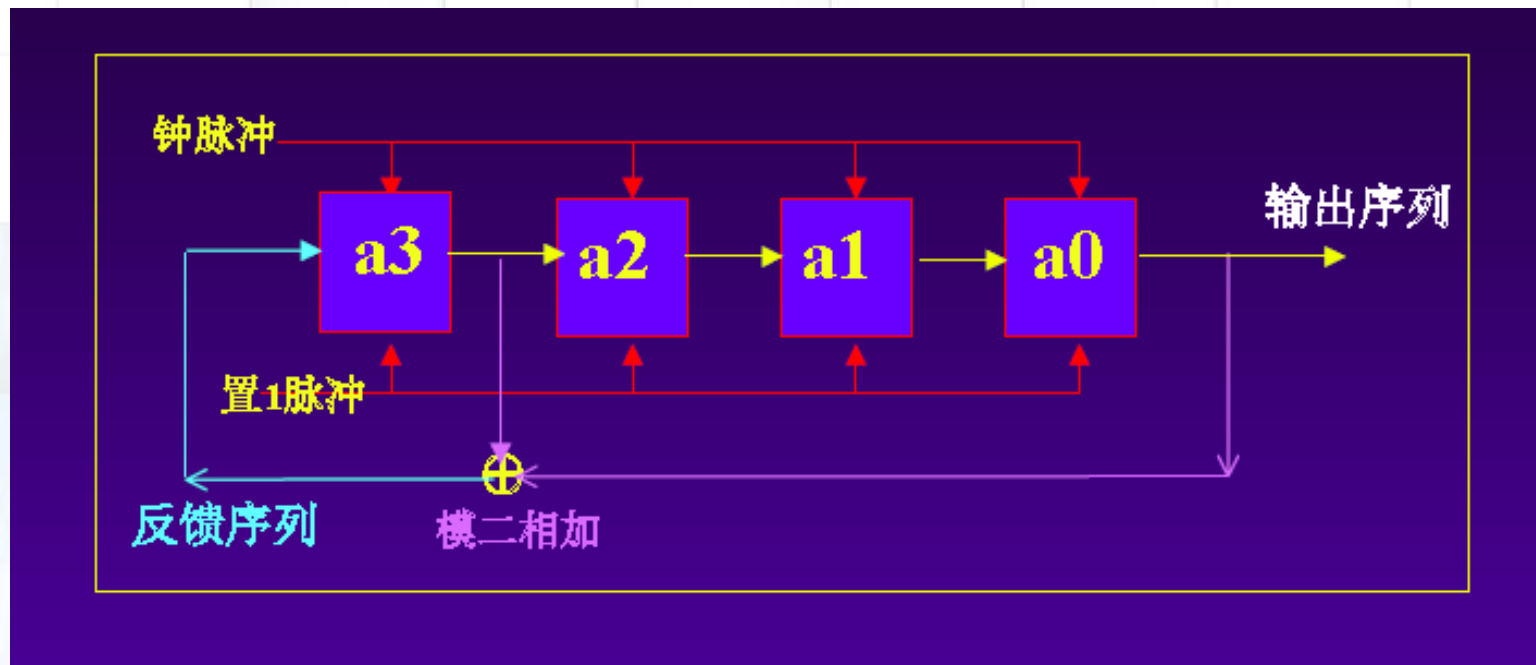
## 伪随机噪声码

良好的自相关性

具有某种编码规则

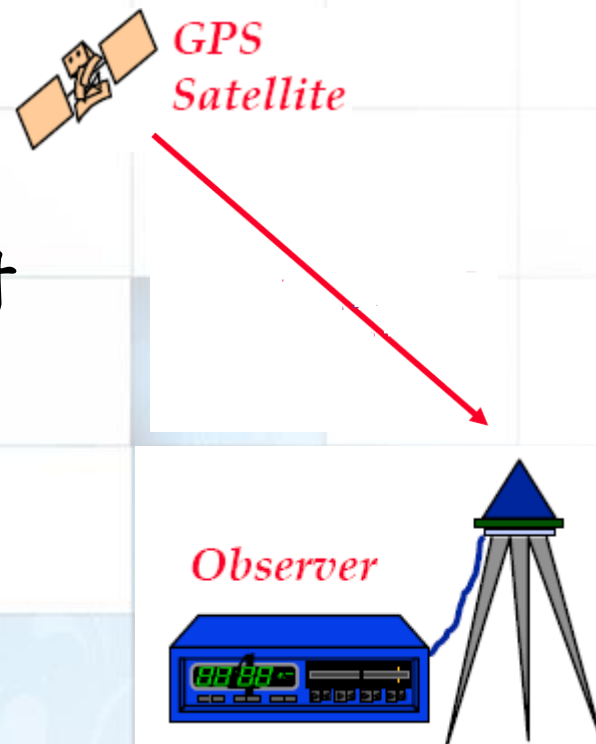


- 产生：m序列，n级线性反馈移位寄存器



# GPS测距码测距原理

- (1) 卫星依据自己时钟（钟脉冲）发出某一结构的测距码，经过 $\Delta t$ 时的传播到达GPS接收机。
- (2) 接收机在自己钟脉冲驱动下，产生一组结构完全相同的复制码。



# GPS测距码

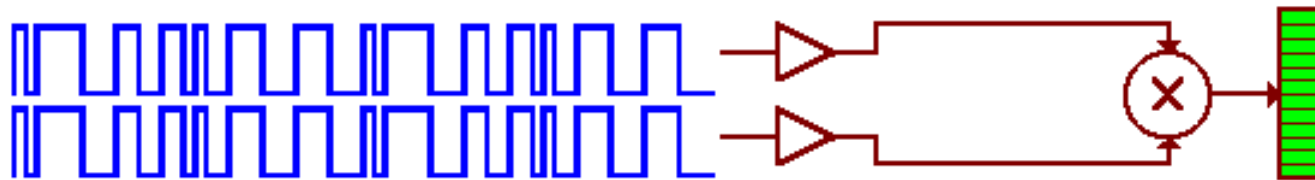
Satellite



Receiver



Time deference



- (3) 通过时延器使之延迟时间 $\tau$ ，对两码进相关比较。
- (4) 直至两码完全对齐，相关系数 $R(t) = \max = 1$ ，则该时间延迟 $\tau$ 即为传播时间 $\Delta t$  ( $\tau = \Delta t$ )。
- (5) 距离 $\rho = c \cdot \Delta t = c \cdot \tau$ 。

# GPS测距码

C/A码

码长: 1023bit 周期: 1ms

频率: 1.023MHz 波长:  $\lambda = c/f = 293.1m$

码长短, 易于捕获

精度低, 粗码

P码

码长:  $2.35 \times 10^{14}$  bit 周期: 267d

频率: 10.23MHz 波长:  $\lambda = c/f = 29.3m$

码长特长, 不易捕获

精度高, 精码



## 2. GPS载波

- 作用
  - 搭载其它调制信号
  - 测距
  - 测定多普勒频移

- 类型

- 目前

L1 - 频率:  $154 \times f_0 = 1575.43\text{MHz}$ ;

波长: 19.03cm

L2 - 频率:  $120 \times f_0 = 1227.60\text{MHz}$ ;

波长: 24.42cm

- 现代化后

增加L5 - 频率:  $115 \times f_0 = 1176.45\text{MHz}$ ;

波长: 25.48cm

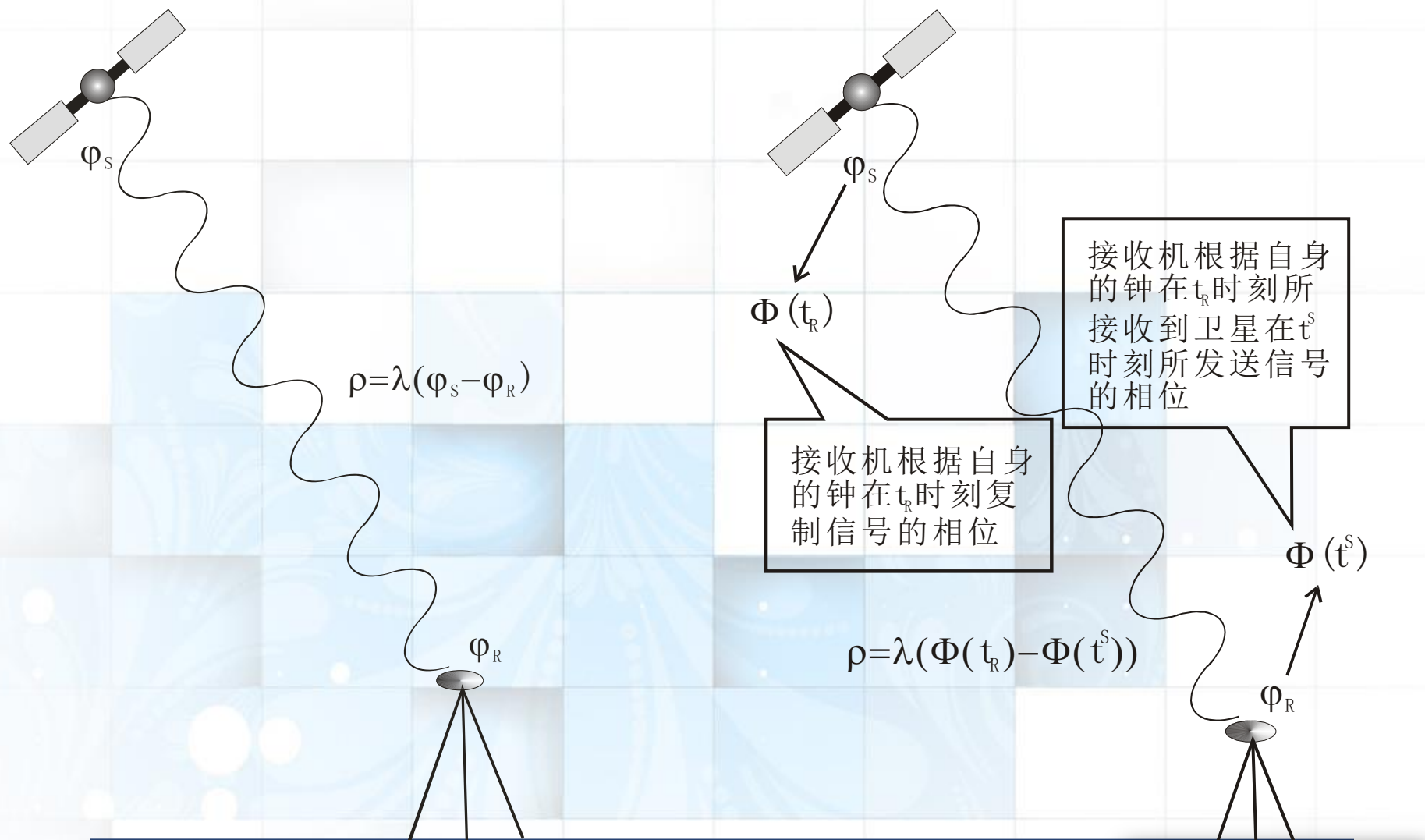




- 特点
  - 所选择的频率有利于测定多普勒频移
  - 所选择的频率有利于减弱信号所受的电离层折射影响
  - 选择两个频率可以较好地消除信号的电离层折射延迟（电离层折射延迟于信号的频率有关）
- 优点
  - 减少拥挤，避免“撞车”
  - 适应扩频，传送



# 载波相位测量原理



# 载波精度

L1 频率：1575.42MHz。

波长：19.03cm。

测距精度： $19.03\text{cm}/100=1.9\text{mm}$ 。

L2 频率：1227.60MHz。

波长：24.42cm

测距精度： $24.42\text{cm}/100=2.4\text{mm}$ 。



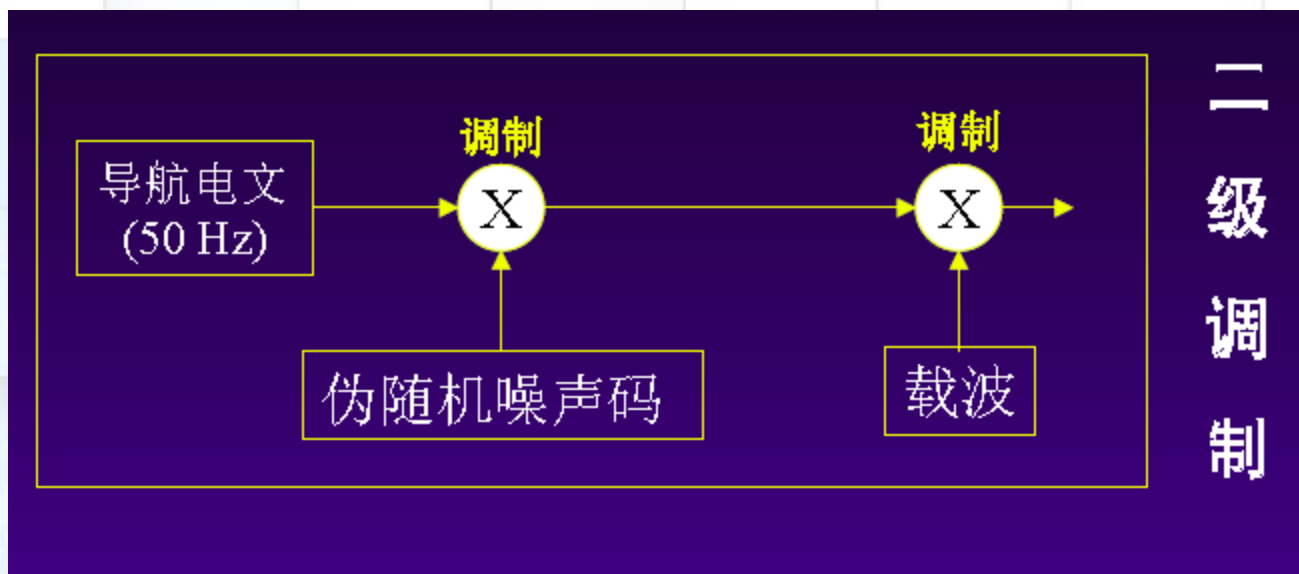
### 3 信号调制

- 调制：在载波上加上信号码（测距码和数据码），方法是用调相技术将信号调制到载波上。
- 一般均将低频信号加载到高频的载波上，这时原低频信号称为调制信号，而加载信号后的载波就称为已调波。



# GPS信号调制

- GPS信号调制，GPS载波加载测距码和数据码，调制采用调相技术实现，采用二级调制。



信号序列 0 1  
信号波形+1-1

## 模二和

### -- 运算规则

$$1 \oplus 1 = 0; \quad 1 \oplus 0 = 1;$$

$$0 \oplus 1 = 1; \quad 0 \oplus 0 = 0$$

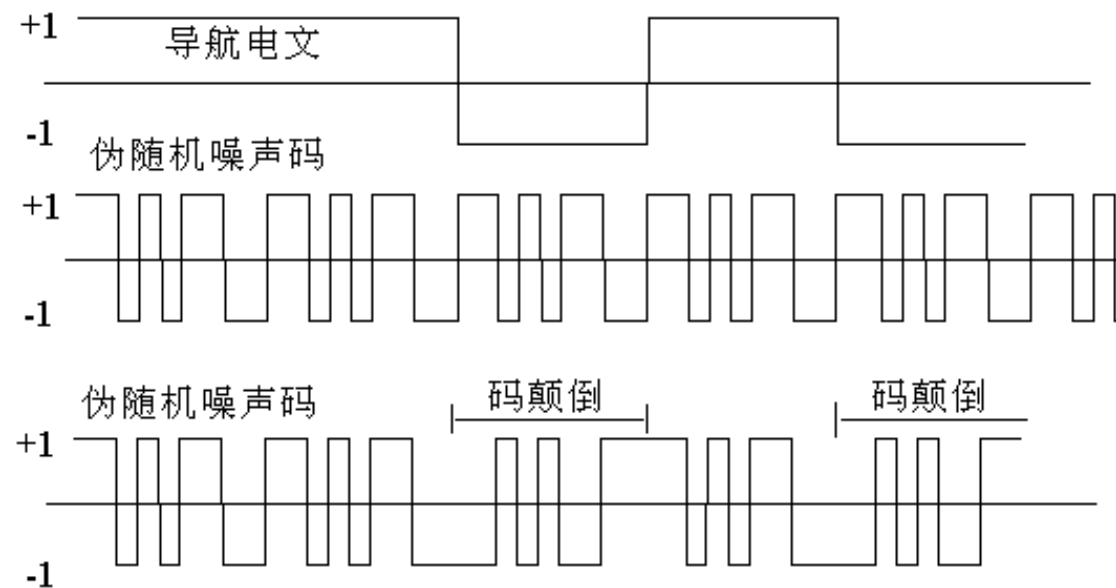
-- 二进制信号: “+1”表示二进制“0”，  
“-1”表示二进制“1”，则

$$-1 \times -1 = 1; \quad -1 \times 1 = -1;$$

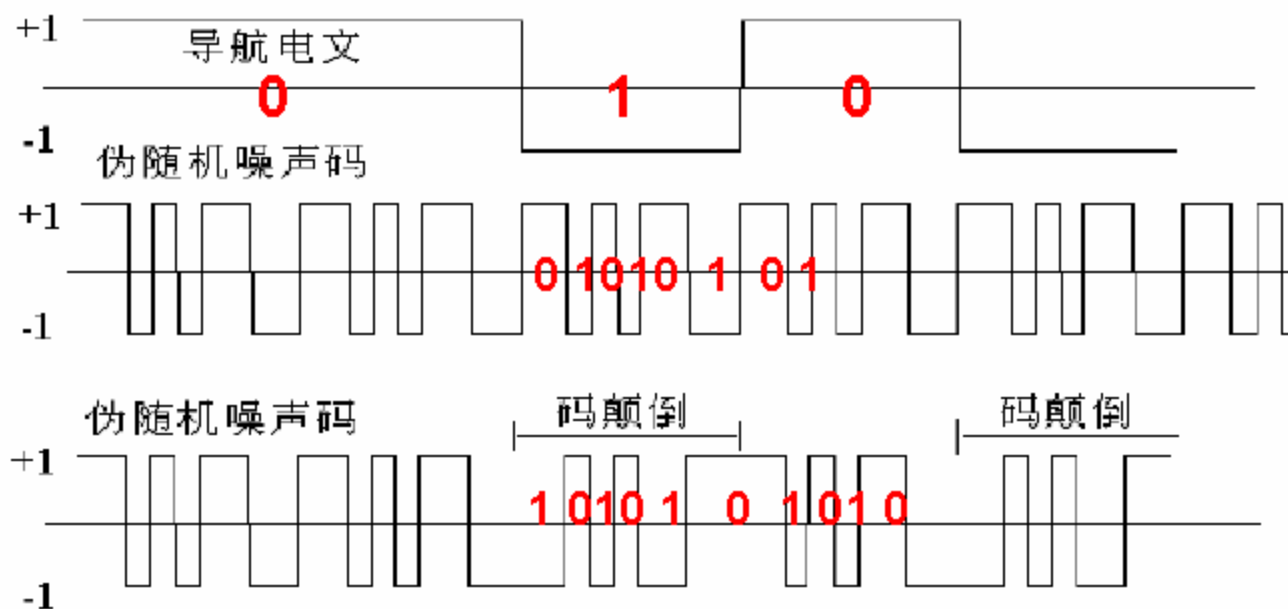
$$1 \times -1 = -1; \quad 1 \times 1 = 1$$







“+1” 表示二进制 “0”  
“-1” 表示二进制 “1”

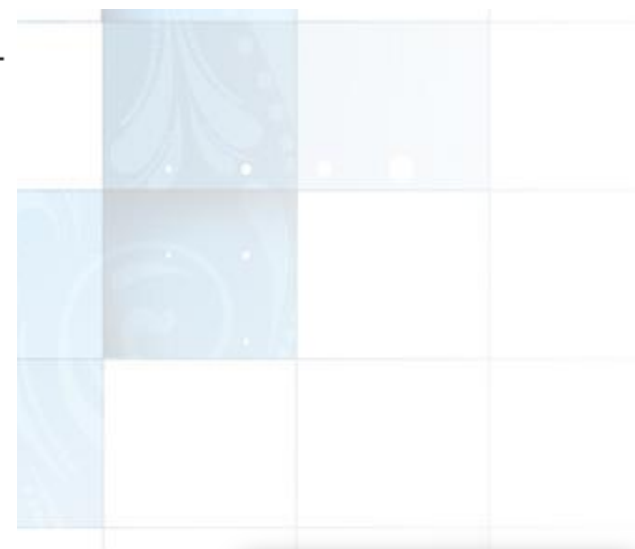
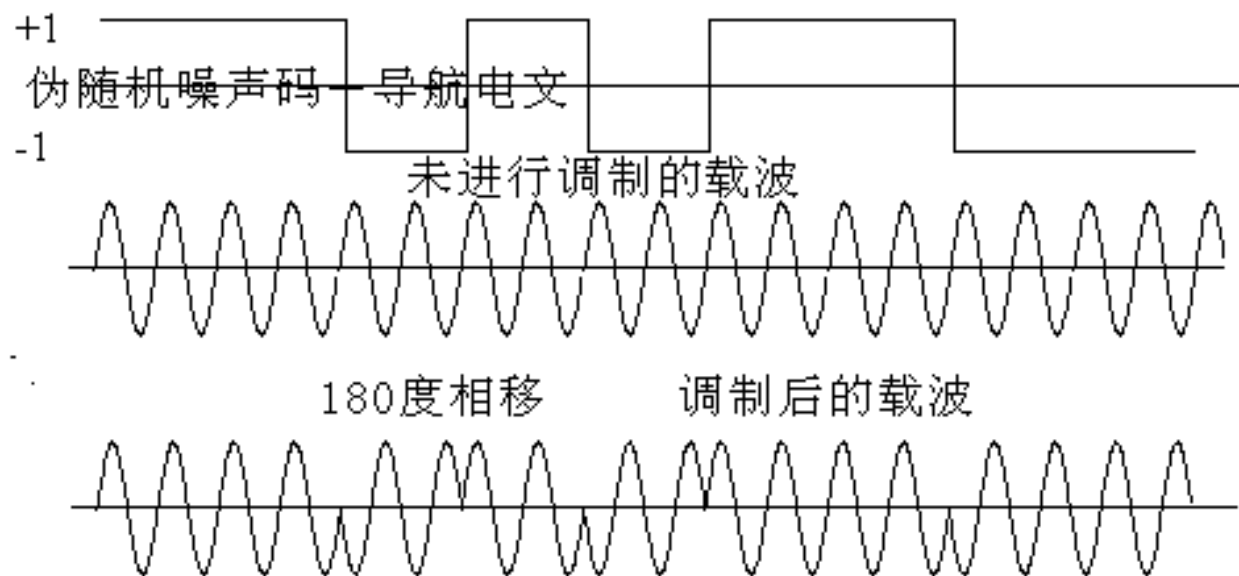
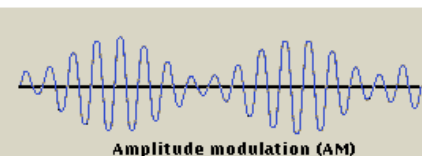
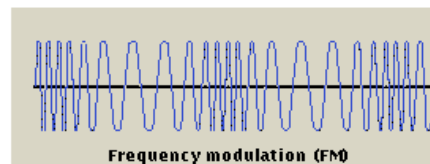
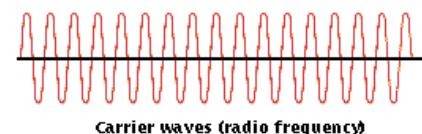
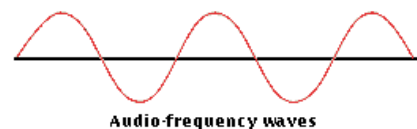




# 卫星信号的调制

- 二进制信号的相位调制

$$S(t) = B(t) \cdot \cos(\omega \cdot t + \varphi)$$



# 信号调制特点

- L波段受电离层影响较小；
- PRN 抗干扰性高；
- 二级调制技术有利于节省电能和增强抗干扰性和保密性。



# 解调

解调就是去掉二进制码，只留下载波。

