



# 通信系统原理教程

## 第24讲 数字信号的最佳接收之二

通信教研室 杨春萍

# 本讲内容

- 数字信号的统计表述
- 数字信号的最佳接收准则
- 确知数字信号的最佳接收机
- 随相数字信号的最佳接收
- 起伏数字信号的最佳接收
- 实际接收机和最佳接收机的性能比较
- 数字信号的匹配滤波接收原理
- 最佳基带传输系统

# 随相数字信号的最佳接收

- 随相信号 - 相位因信道变化而具有随机性的信号。
- 设：信号 - 2FSK调制、码元的能量相等、先验概率相等、相位的概率密度服从均匀分布；  
噪声 - 带限高斯白噪声。

- 信号表示式：

$$\left. \begin{aligned} s_0(t, \varphi_0) &= V \cos(\omega_0 t + \varphi_0) \\ s_1(t, \varphi_1) &= V \cos(\omega_1 t + \varphi_1) \end{aligned} \right\} \int_0^T s_0^2(t, \varphi_0) dt = \int_0^T s_1^2(t, \varphi_1) dt = E_b$$

- 信号随机相位的概率密度：

$$f(\varphi_0) = \begin{cases} 1/2\pi, & 0 \leq \varphi_0 < 2\pi \\ 0, & \text{其他处} \end{cases}$$

$$f(\varphi_1) = \begin{cases} 1/2\pi, & 0 \leq \varphi_1 < 2\pi \\ 0, & \text{其他处} \end{cases}$$

## □ 判决规则：

若接收矢量  $r$  使  $f_1(r) < f_0(r)$ ，则判发送码元是“0”，

若接收矢量  $r$  使  $f_1(r) > f_0(r)$ ，则判发送码元是“1”。

$$\text{其中， } f_0(\mathbf{r}) = \int_0^{2\pi} f(\varphi_0) f_0(\mathbf{r} / \varphi_0) d\varphi_0$$

$$f_1(\mathbf{r}) = \int_0^{2\pi} f(\varphi_1) f_1(\mathbf{r} / \varphi_1) d\varphi_1$$

按照上述判决规则计算得出的误码率公式为

$$X_0 = \int_0^T r(t) \cos \omega_0 t dt$$

$$Y_0 = \int_0^T r(t) \sin \omega_0 t dt$$

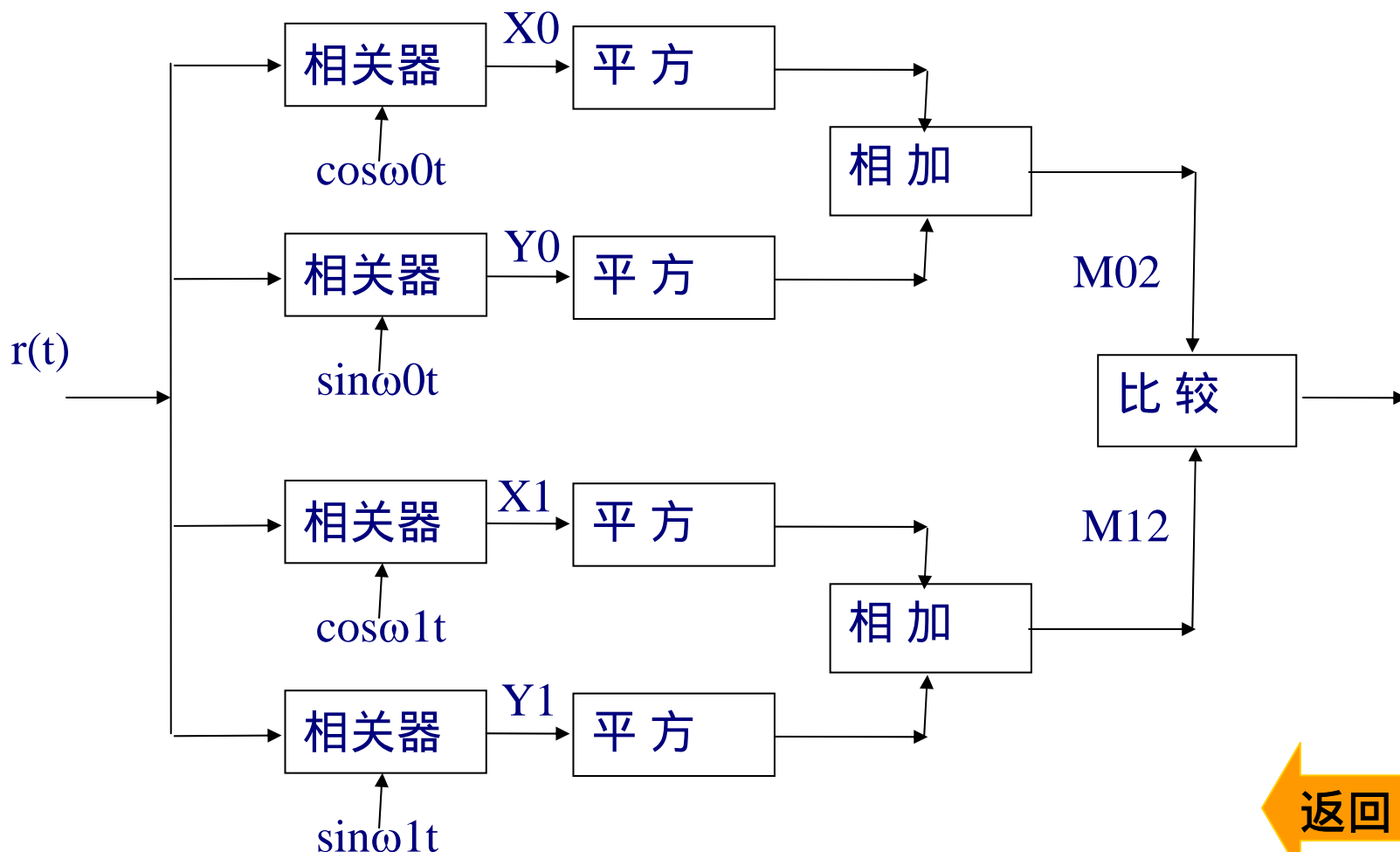
$$X_1 = \int_0^T r(t) \cos \omega_1 t dt$$

$$P_e = \frac{1}{2} \exp(-E_b / 2n_0)$$

$$Y_1 = \int_0^T r(t) \sin \omega_1 t dt$$

$$M_0 = \sqrt{X_0^2 + Y_0^2}, \quad M_1 = \sqrt{X_1^2 + Y_1^2},$$

□ 按照上述判决规则得出的方框图如右，图中：



# 起伏数字信号的最佳接收

- 起伏信号 - 包络随机起伏、相位随机变化的信号
- 设：信号 - 2FSK调制、等能量、等先验概率、相位的概率密度服从均匀分布；

噪声 - 带限高斯白噪声

- 信号表示式： $s_0(t, \varphi_0, V_0) = V_0 \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$   
 $s_1(t, \varphi_1, V_1) = V_1 \cos(\omega_1 t + \varphi_1)$

式中， $V_0$ 和 $V_1$ 服从同一瑞利分布：

$$f(V_i) = \frac{V_i}{\sigma_s^2} \exp\left(-\frac{V_i^2}{2\sigma_s^2}\right), \quad V_i \geq 0, \quad i=1,2$$

$\varphi_0$ 和 $\varphi_1$ 的概率密度服从均匀分布：

$$f(\varphi_i) = 1/2\pi, \quad 0 \leq \varphi_i < 2\pi, \quad i=1,2$$

$V_i$ 的均方值： $EV_i^2 = 2\sigma_s^2$

□ 判决规则：同前

若接收矢量  $r$  使  $f_1(r) < f_0(r)$ ，则判发送码元是“0”，

若接收矢量  $r$  使  $f_1(r) > f_0(r)$ ，则判发送码元是“1”。

□ 现在  $f_0(\mathbf{r}) = \int_0^{2\pi} \int_0^{\infty} f(V_0)f(\varphi_0)f_0(\mathbf{r}/\varphi_0, V_0)dV_0d\varphi_0$

$$f_1(\mathbf{r}) = \int_0^{2\pi} \int_0^{\infty} f(V_1)f(\varphi_1)f_1(\mathbf{r}/\varphi_1, V_1)dV_1d\varphi_1$$

□ 误码率计算结果：
$$P_e = \frac{1}{2 + (\overline{E} / n_0)}$$

□ 衰落对2FSK信号误码率的影响：

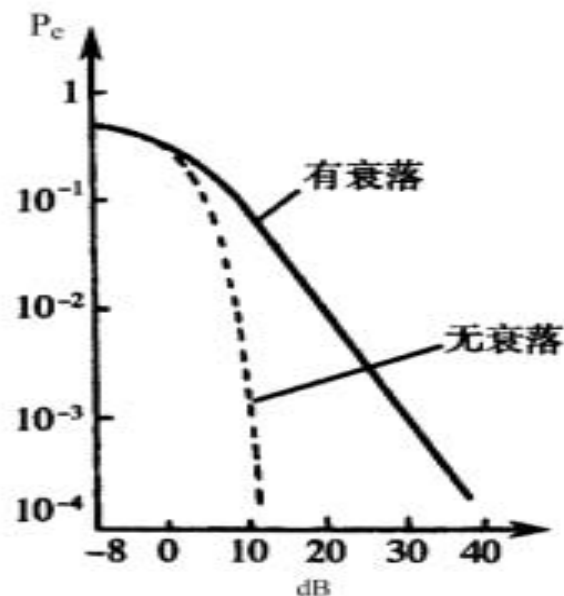
由右图可见，

当误码率等于 $10^{-2}$ 时，

衰落使性能下降约10 dB；

当误码率等于 $10^{-3}$ 时，下降约20 dB。

即，在有衰落时，性能随误码率下降而迅速变坏。



# 实际接收机和最佳接收机的性能比较

	实际接收机的 $P_e$	最佳接收机的 $P_e$
相干2PSK信号	$\frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{r}$ - 式(6-4-13)	$\frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{E_b / n_0}$ - 式(8.4-21)
相干2FSK信号	$\frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{r/2}$ - 式(6-3-36)	$\frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{E_b / 2n_0}$ - 式(8.4-22)
非相干2FSK信号	$\frac{1}{2} \exp(-r/2)$ - 式(6-3-28)	$\frac{1}{2} \exp(-E_b / 2n_0)$ - 式(8.5-27)
相干2ASK信号	$\frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{r/4}$ - 式(6-2-47)	$\frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{E_b / 4n_0}$ - 式(8.4-24)



返回