



白噪声、散弹噪声和热噪声



白噪声、散弹噪声和热噪声

- 噪声 {
- 乘性噪声 (与信号本身密切相关, 它可以通过合理地设计信号及系统特性等措施来消除)
 - 加性噪声 (独立于信号而存在, 它始终干扰着有用信号的传输。)
- 加性噪声 {
- 外部噪声 (由信道引入, 包括人为噪声、工业干扰和天电噪声。)
 - 内部噪声 (由通信设备内部产生, 它对信号的影响最为严重, 是研究的重点。)

内部噪声通常认为是**白噪声**, 是一种平稳随机过程。理想的白噪声服从高斯分布, 一般称为加性高斯白噪声 (Additive White Gaussian Noise---AWGN)。



白噪声、散弹噪声和热噪声

理想白噪声可认为是由大量宽度为无穷窄的脉冲随机叠加而成的，如图所示。



如前所述，白噪声是一个非自相关的随机过程，它包含有自零至无穷大的所有频谱分量，这类似于光学中包括有全部可见光谱的白光。

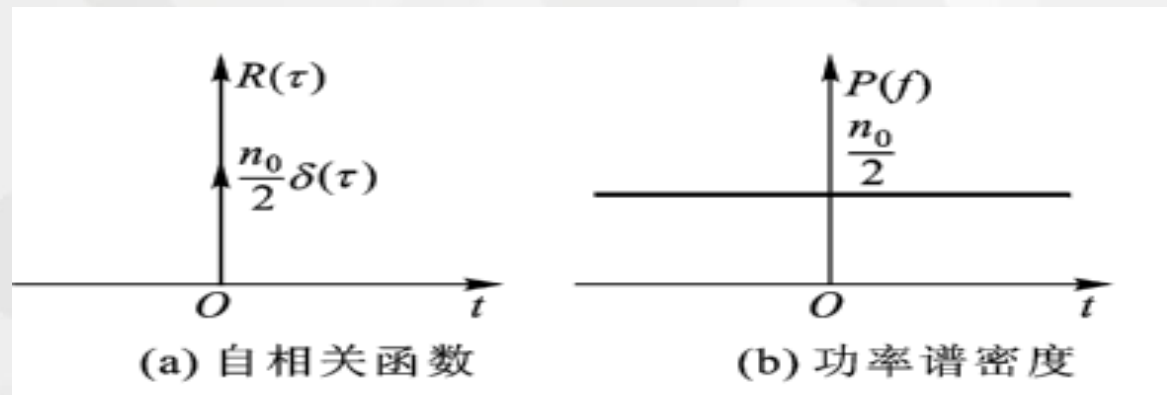
白噪声功率谱密度是一个常数，为 $P(\omega) = \frac{n_0}{2}$



白噪声、散弹噪声和热噪声

由维纳—欣钦定理，可得白噪声自相关函数为

$$R(\tau) = \mathfrak{F}^{-1}[P(\omega)] = \frac{n_0}{2} \delta(\tau)$$



理想白噪声并不存在!

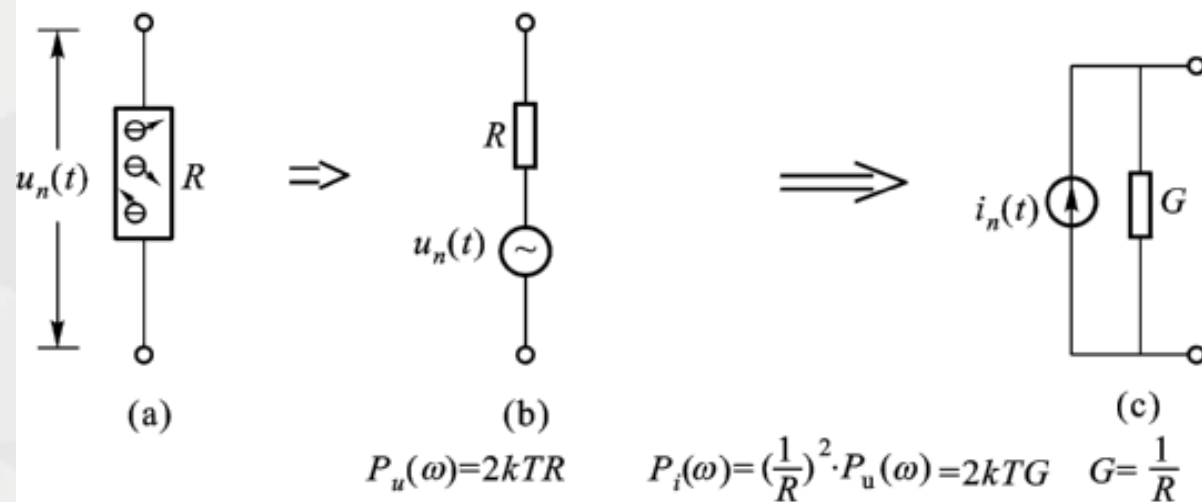
工程实践中遇到的噪声是带限的，带限噪声或带内功率谱分布不均匀的噪声称为有色噪声。

但当带限噪声功率谱均匀分布的频带范围远远大于系统的工作带宽时，就可以认为该噪声具有白噪声特性。



白噪声、散弹噪声和热噪声

热噪声（电阻热噪声）：由通信设备中电阻类器件（如天线）内部的电子热运动（布朗运动）引起的一种起伏过程。



热噪声的电压功率谱密度为 $P_u(\omega) = 2kTR, 0 < f < 10^{13} \text{ Hz}$

式中， $k = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/k}$ 为波尔兹曼常数；
T 为环境的绝对温度。



白噪声、散弹噪声和热噪声

等效电流功率谱密度为

$$P_i(\omega) = 2kTG$$

电压源的噪声功率为

$$N_u = \int_{-\infty}^{\infty} P_u(f) df = \int_{-B}^B 2kTR df = 4kTRB$$

噪声电压源的均方根电压值为

$$U_n = \sqrt{N_u} = 2\sqrt{kTRB}$$

同理，电流源的噪声功率为

$$N_i = \int_{-\infty}^{\infty} P_i(f) df = \int_{-B}^B 2kTG df = 4kTGB$$

噪声电流源的均方根电流值为

$$I_n = \sqrt{N_i} = 2\sqrt{kTGB}$$

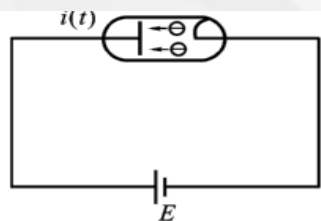


白噪声、散弹噪声和热噪声

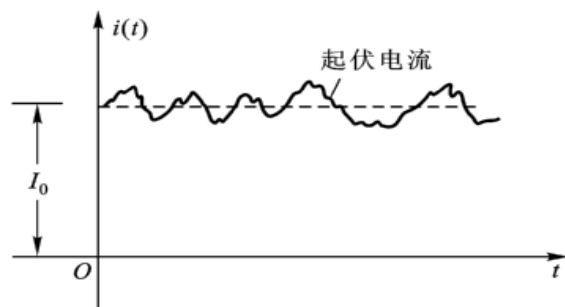
散弹噪声：由通信设备中有源器件内部的载流子或电子发射的不均匀性引起的一种起伏过程。

散弹噪声功率谱密度 $P_i(\omega) = I_0 q$

$$0 < f < 2.2 \times 10^9 \text{ Hz}$$



(a) 真空管中电子发射示意图



(b) 真空管中起伏电流变化示意图