无04  2019012137  张鸿琳

**1.①**

$$y(t)=n(t)+(\sum_{k=-\infty}^{\infty}x_k\cdot p(t-kT_s))\sin{(2\pi f_c t)}$$

其中$p(t)=\begin{cases}\sqrt{\frac{2}{T_s}},0\le t<\frac{T_s}{2}\\0,else\end{cases}$

$p(t)$的幅度是由归一化得到的。

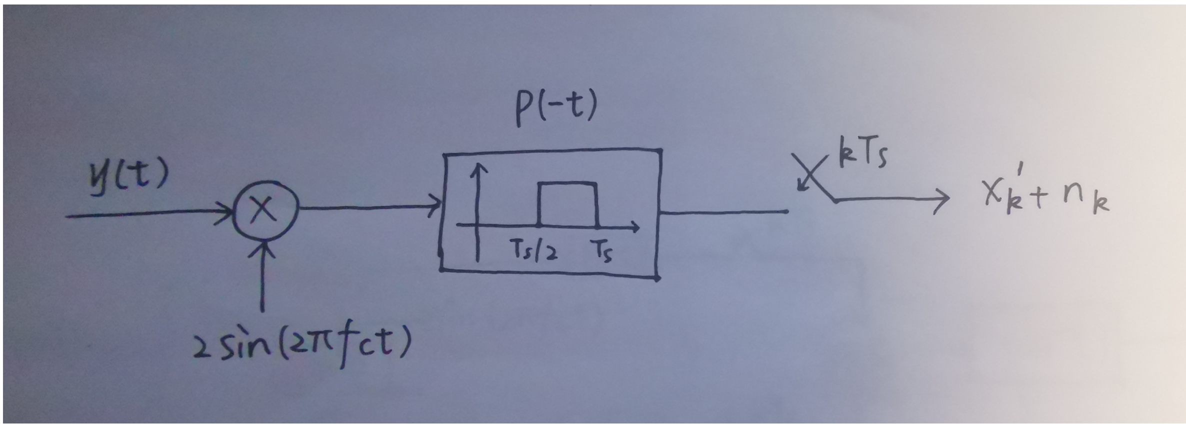
**②**

信道中符号能量：$E_s=\frac{2}{T_s}\int_0^{T_s/2}\sin^2(2\pi f_c t)dt=\frac{1}{2}$

接收端符号电平能量：$E_s=1$

**③**

最佳接收机如下：




**④**

$x_k'=2x_k\int_{-\infty}^{\infty}p^2(t)\sin^2(2\pi f_c t)dt=x_k\int_{-\infty}^{\infty}p^2(t)(1-\cos{(4\pi f_c t)})dt=x_k$，而$E(n_k)=0$，$E(n_k^2)=\frac{n_0}{2}\cdot 4\int_{-\infty}^{\infty}p^2(t)\sin^2(2\pi f_c t)=n_0$。

故而等效电平信道为$y_k=x_k'+n_k$，其中$x_k'\in\{-1,1\}$，$n_k\sim N(0,n_0)$。

**⑤**

判决门限为0，$P_b=Q(\frac{A}{\sigma})=Q(\frac{1}{\sqrt{n_0}})$。

**2.①**

$R_b=64kbps$，$B\le 1.06-0.94=120kHz$，$\frac{\log_2 M}{1+\alpha}\ge\frac{64}{120}$，得到$M\ge 1.74$，不妨取$M=2$。

$x(t)=\sqrt{2}\cos{(2\pi\cdot 10^6\cdot t)}\sum_{k=-\infty}^{\infty}x_k\frac{1}{\sqrt{T_s}}\frac{\sin\left(0.5\pi\frac{t}{T_s}\right)+\frac{2t}{T_s}\cos\left(1.5\pi\frac{t}{T_s}\right)}{\frac{\pi t}{T_s}[1-(\frac{2t}{T_s})^2]}$，其中$T_s=\frac{1}{R_s}=\frac{\log_2 M}{R_b}=\frac{1}{64kbps}\approx 1.5625\times 10^{-5}s$。

**②**

利用最大值最小值之差为100的信息，可知$2\sqrt{2}\cdot|x_k|\cdot\frac{1}{\sqrt{T_s}}\cdot(\frac{1}{2}+\frac{2}{\pi})=100$，得到$|x_k|=0.123$，$E_s=0.0151$。

**③**

等效电平信道为$y_k=\hat{x}_k+n_k$，其中$\hat{x}_k\in\{-0.123,0.123\}$，而$E(n_k)=0$，$E(n_k^2)=\frac{n_0}{2}=0.005$，故而$n_k\sim N(0,0.005)$。

**④**

$P_b=Q(\frac{0.123}{\sqrt{0.005}})\approx 0.041$。

**3.①**

$x(t)=\sum\limits_{k=-\infty}^{\infty}(a\cos(\theta_k)p(t-kT_s)\sin(2\pi f_c t)+a\sin(\theta_k)p(t-kT_s)\cos(s\pi f_c t))$，其中$\theta_k\in\{0,\frac{1}{8}\pi,\ldots,\frac{15}{8}\pi\}$

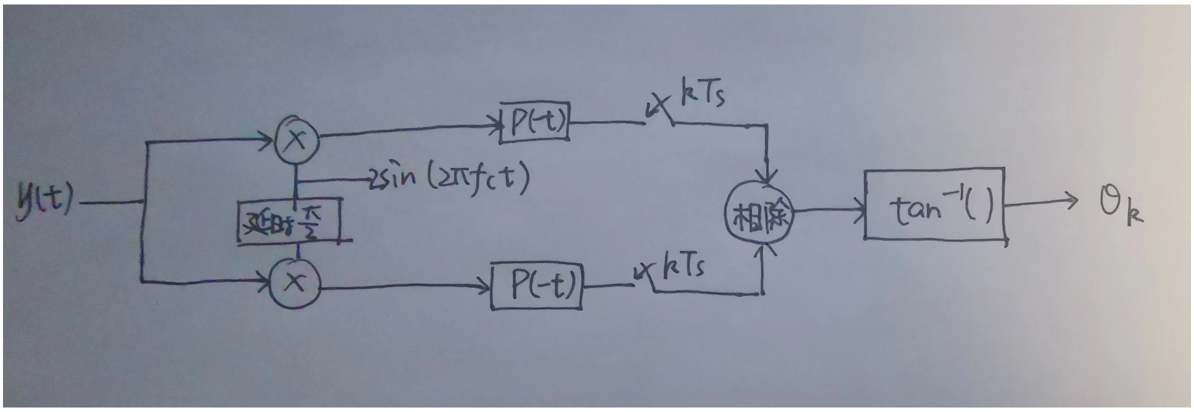
其中$p(t)=\begin{cases}\sqrt{\frac{1}{T_s}},0\le t<T_s\\0,else\end{cases}$

信道中符号能量：$E_s=\frac{a^2}{T_s}\int_0^{T_s}(\cos^2(\theta_k)\sin^2(2\pi f_c t)+\sin^2(\theta_k)\cos^2(2\pi f_c t))dt=\frac{a^2}{2}$

接收端符号电平能量：$E_s=a^2$

**②**

接收机框图如下：




**③**

等效电平信道为$y_k=x_k+n_k=x_k^I+jx_k^Q+n_k^I+jn_k^Q$，其中$x_k\in\{ae^{j\frac{2k\pi}{16}}:k=0,1,\ldots,15\}$，而$E(n_k)=0$，$E((n_k^I)^2)=E((n_k^Q)^2)=2\cdot\frac{n_0}{2}=n_0$，即$n_k\sim CN(0,2n_0)$。

**④**

判决门限为以原点为端点，与实轴正半轴呈角度为$\frac{(2k+1)\pi}{16}$的射线，其中$k=0,1,2..$.，那么误比特率为$P_b=\frac{P_e}{\log_2(M)}=\frac{1}{2}Q(\frac{a\sin(\frac{\pi}{16})}{\sqrt{n_0}})$。（此处的$a$与①中的$a$一致）

**⑤**

$(7,4)$汉明码可以纠正一位错误，故而码组出错主要取决于错到除相邻两位外的两位的概率，误块率为$P_e=1-(1-\varepsilon)^7-7\varepsilon(1-\varepsilon)^7$，其中$\varepsilon=P_b=\frac{1}{2}Q(\frac{a\sin(\frac{\pi}{16})}{\sqrt{n_0}})$。

**4.①**

（使用(7,4)汉明编码，且认为信道带宽用满）

$\frac{\log_2 M}{1+\alpha}=\frac{R_b}{B}=\frac{112}{120}$，则$\alpha=\frac{120}{112}\log_2 M-1$，得到$\alpha$最小值为$\frac{1}{14}$，最大值也为$\frac{1}{14}$。

**②**

(使用(7,4)汉明编码)

由上一问不等式可知，$M$只能取$2$，故而$\Delta\theta$的最大最小值都为$\pi$。

③

由于$M$只能取$2$，所以$P_b$最大最小值都为$P_b = Q(\frac{a}{\sqrt{n_0}})$。

④

复基带等效形式如下：