پهنای باند سیگنال FM برای سیگنال‌های پیام زیر

$$x(t) = \mathrm{sinc}\,1000t \longrightarrow X(f) = \frac{1}{10^3}\Pi\left(\frac{f}{1000}\right) \longrightarrow W = 500$$

$$B_T = 2(D+1)W$$

$$x(t) = \Lambda\left(\frac{t}{1000}\right) + \Lambda\left(\frac{t}{2500}\right)\cos(7000\pi t)$$

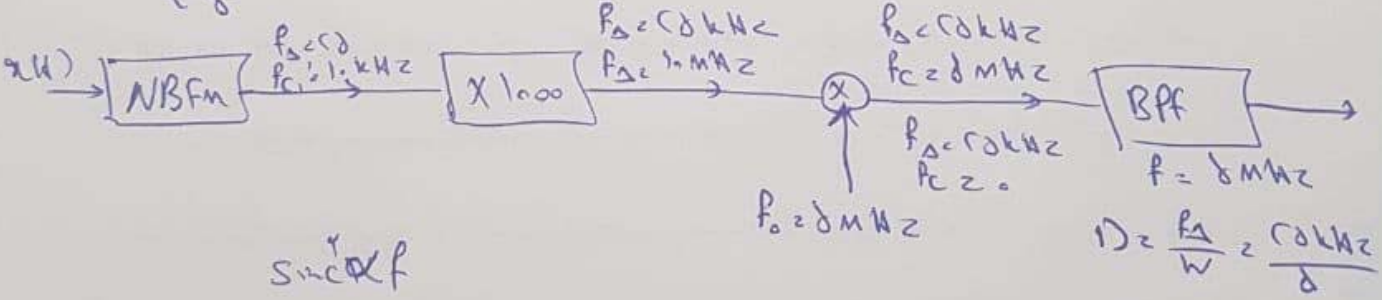
$$X(f) = 1000\,\mathrm{sinc}^2 1000f - 1250\,\mathrm{sinc}^2 2500(f \pm 3500)$$

$$B_T = 2(D+1)W \qquad 1250\,\mathrm{sinc}^2 2500f,\ 625\,\frac{\sin^2 2500\pi f}{(2500\pi f)^2}$$

ساخت FM با پارامترهای $f_\Delta = 25\,kHz$ ، $f_c = 5MHz$ از روی FM با باند باریک

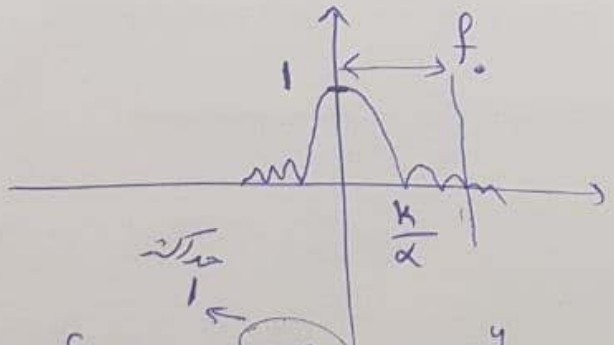
$$f_{c_1} = 10kHz,\ f_{\Delta_1} = 25Hz$$

$$n = \frac{25kHz}{25} = 1000$$



$$D = \frac{f_\Delta}{W} = \frac{25kHz}{5}$$

$\mathrm{sinc}^2 \alpha f$

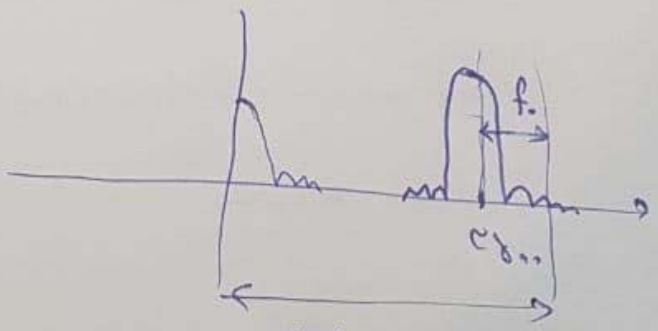


حداکثر

$$\mathrm{sinc}^2 \alpha f = \frac{\sin^2 \pi\alpha f}{(\pi\alpha f)^2} = 10^{-4}$$

$$\frac{1}{\pi\alpha f} = 10^{-2}$$

$f_0 \rightarrow$ حداکثر فرکانس پیام



$$W = 2500 + f_0$$

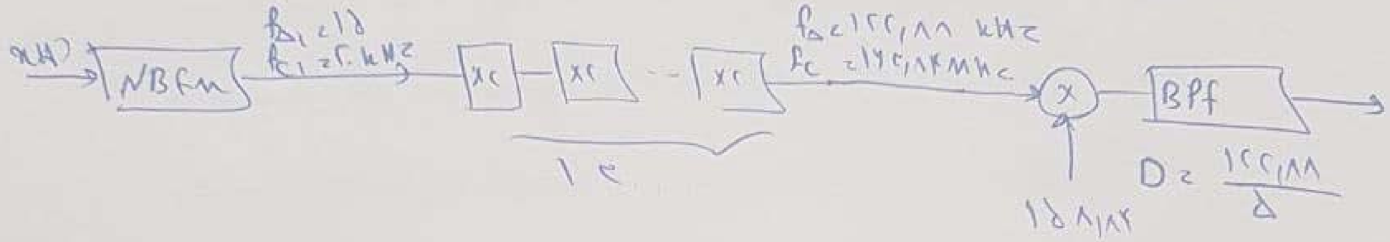
$$2(D+1)W$$

ساخت LFm با $f_\Delta = 75kHz$ و $f_c = 5MHz$ از روی یک FM باند باریک با

$f_{\Delta_1} = 15Hz$ و $f_{c_1} = 20kHz$ با استفاده از دو برابر کننده

$n = \frac{f_\Delta}{f_{\Delta_1}} = \frac{75kHz}{15Hz} = 5000 \qquad 2^m \geq 5000 \rightarrow m = 13$

$n = 8192$



ساخت LFm با $f_\Delta = 50kHz$ و $f_c = 25MHz$ از روی LFm نباریک با $f_{\Delta_1} = 100Hz$ و $f_{c_1} = 50kHz$

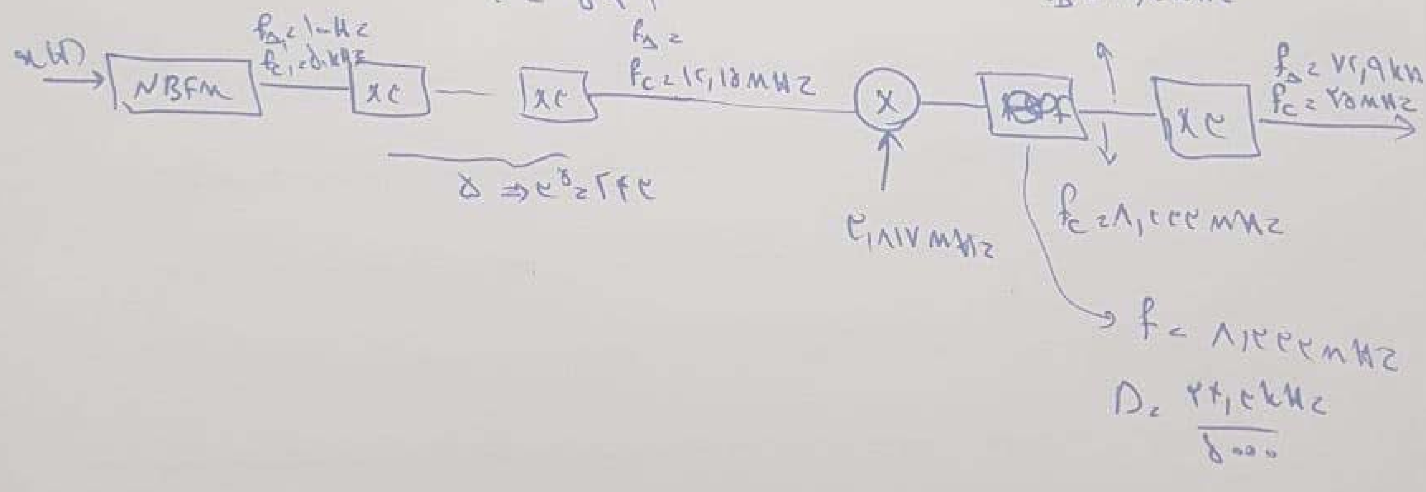
استفاده از سه برابر کننده و شرط اینکه در هیچ کجای سیستم فرکانس از ۳۰ مگاهرتز بیشتر نشود

$n = \frac{f_\Delta}{f_{\Delta_1}} = \frac{50kHz}{100Hz} = 500 \qquad 3^m > 500 \rightarrow m = 6$

$n = 729$

$729 \times 50kHz = 36.45 MHz$

$6 = 5 + 1$

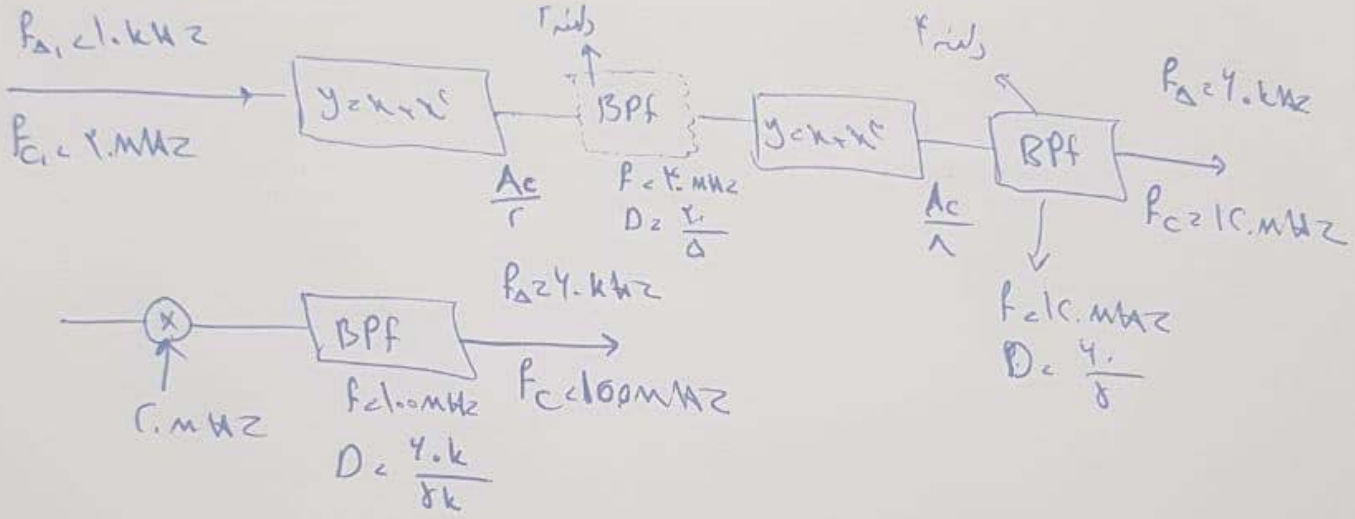


از روی یک FM با $f_{\Delta,1}=1.kHz$ ، $f_{c,1}=2.MHz$ با استفاده از بسترهای غیرخطی زیر
می‌خواهیم FM با $f_\Delta=4.kHz$ ، $f_c=100MHz$ بسازیم

$y=x+x^2$ → $\times 2$

$y=x+x^4$ → $\times 4$

$$n=\frac{f_\Delta}{f_{\Delta,1}}=\frac{4.}{1.}=4=2\times 4$$

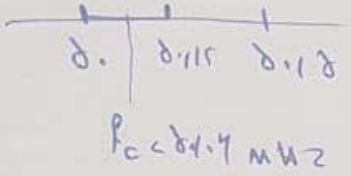


از روی یک FM با نویز باریک با $f_{\Delta,1}=100\,Hz$ و $f_{c,1}=5\,kHz$ یک سیگنال FM با $f_\Delta=5\,kHz$

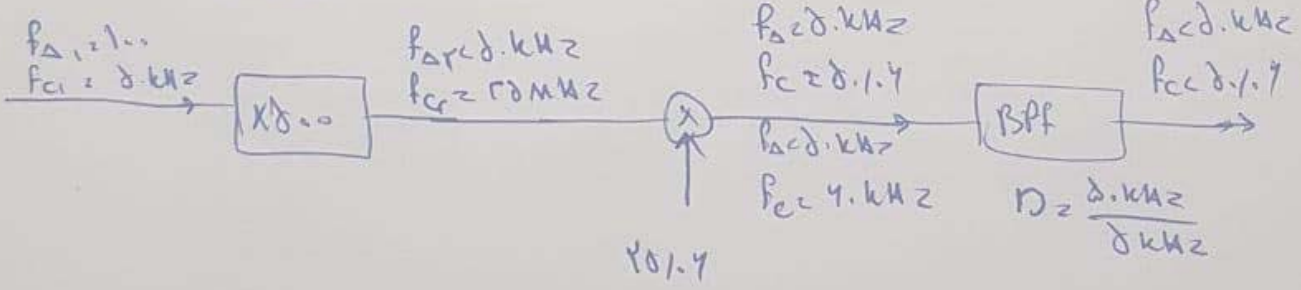
می‌سازیم تا سیگنال بیام را بدون احتیاج از سیستم زیر عبور دهیم - حداقل فرکانس حامل؟

$$H(f)=\begin{cases} 4e^{-j5\pi f^2} & |f|<1\,mHz \\ 3e^{-j10\pi f} & 10<|f|<10.1\ mHz \\ 10e^{-j(20\pi f+\frac{\pi}{10})} & 10.1<|f|<5\ mHz \\ 12e^{-j20\pi f} & 50<|f|<50.5\ mHz \end{cases}$$

$$D=\frac{f_\Delta}{W} \rightarrow B_T=2(D+2)W=4\left(\frac{5}{5}+2\right)5=15\,kHz$$

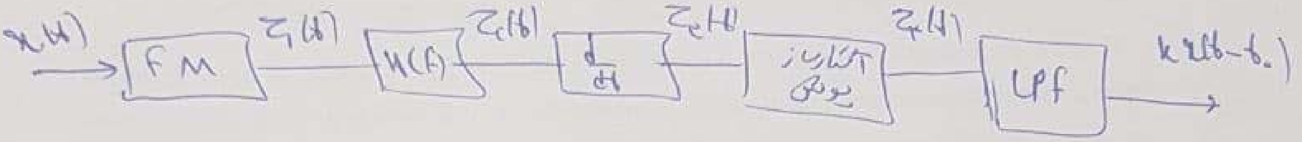


$$n=\frac{5\,kHz}{100\,Hz}=50$$



ارسال سیگنال $x(t) = 1000\,\mathrm{sinc}^2(1000t)$ از سیستم زیر

$$H(f) = \begin{cases} 4e^{j5\pi f^2} & |f| < 1\,MHz \quad \checkmark \\ 2e^{-j10\pi f} & 1 < |f| < 5\,MHz \\ 10\,e^{-j(20\pi f + \frac{\pi}{10})} & 5 < |f| < 20\,MHz \\ 14\,e^{-j40\pi f} & 20 < |f| < 50\,MHz \quad \checkmark \end{cases}$$



پهنای باند FM می‌خواهیم $B_T = 400\,kHz$ باشد

$X(f) = \Lambda\left(\frac{f}{1000}\right) \rightarrow W = 1000$

MOD

$NBFM \rightarrow WBFM$

$B_T = 2(D+2)W = 400k \rightarrow D = \frac{400}{2W} - 2 = \frac{400}{2} - 2 = 198$

$D = \frac{f_\Delta}{W} \rightarrow f_\Delta = 198\,kHz$

$z_1(t) = A_c \cos\left(\omega_c t + 2\pi f_\Delta \int^{t} x(\lambda)\,d\lambda\right)$

$z_2(t) = 14 A_c \cos\left(\omega_c \underset{(t-15)}{t} + 2\pi f_\Delta \int^{t-15} x(\lambda)\,d\lambda\right)$

$z_3(t) = 14 A_c \{\omega_c + 2\pi f_\Delta x(t-15)\} \sin\left(\omega_c t + 2\pi f_\Delta \int^{t-15} x(\lambda)\,d\lambda + \theta_0\right)$

$z_4(t) = 14 \times 2\pi \times A_c \times f_\Delta\, x(t-15)$