

5P ① a) $x(t) = \sum_n c_n e^{jn\omega_0 t}$, $\omega_0 = 2\pi f_0$

i) $x(t) = \cos 2\pi f_0 t = \frac{1}{2} e^{j2\pi f_0 t} + \frac{1}{2} e^{-j2\pi f_0 t} \Rightarrow c_n = \begin{cases} 1/2, & n = \pm 1 \\ 0, & \text{diğerinde} \end{cases}$ (2P)

ii) $x(t) = \sin 2\pi f_0 t = \frac{1}{2j} e^{j2\pi f_0 t} - \frac{1}{2j} e^{-j2\pi f_0 t} \Rightarrow c_n = \begin{cases} 1/2j, & n = 1 \\ -1/2j, & n = -1 \\ 0, & \text{diğerinde} \end{cases}$ (2P)

iii) $x(t) = \cos 2\pi f_0 t + \sin 2\pi f_0 t = \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2j}\right) e^{j2\pi f_0 t} + \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{2j}\right) e^{-j2\pi f_0 t} \Rightarrow c_n = \begin{cases} \frac{1-j}{2}, & n = 1 \\ \frac{1+j}{2}, & n = -1 \\ 0, & \text{diğerinde} \end{cases}$ (1P)

b) i) $x(t) = \cos 2\pi f_0 t \Rightarrow X(f) = \frac{\delta(f-f_0)}{2} + \frac{\delta(f+f_0)}{2}$ (1P)

ii) $x(t) = \sin 2\pi f_0 t \Rightarrow X(f) = \frac{\delta(f-f_0)}{2j} - \frac{\delta(f+f_0)}{2j}$ (1P)

iii) $x(t) = -6 \Rightarrow X(f) = -6 \delta(f)$ (1P)

iv) $x(t) = \delta(t-5) \Rightarrow X(f) = e^{-j2\pi 5f}$ (2P)

c) Görüntü işaretleri genişbandlı (örneğin 6 MHz) işaretlerdir. GM ve CYB'da iletim band genişliği bilgi işaretinin band genişliğinin 2 katına çıktığı için, görüntü işaretlerinin GM veya CYB ile iletilmesi durumunda iletim band genişliği bir kanal için ayrılan band genişliğinin üstüne çıkar. Bu nedenle görüntü işaretlerinin iletiminde GM veya CYB kullanılmamaktadır. TYB modülasyonu da, görüntü işaretleri önemli oranda çözümlenerek frekans bileşeni içerdiği için karmaşık ve pahalı sistemler (örneğin çok keskin süzgeçler vs.) gerektirir. Bu nedenle, iletim band genişliği bilgi işaretine yakın olan ve pratikte gerçekleştirilmesi kolay "tek sinetrik" süzgeç gerektiren AYB modülasyonu tercih edilmektedir. (5P)

20P ② a) $\int_{-\infty}^{\infty} x(t) y^*(t) dt = \int_{-\infty}^{\infty} \left[\int_{-\infty}^{\infty} X(f) e^{j2\pi f t} df \right] \cdot \left[\int_{-\infty}^{\infty} Y(f') e^{j2\pi f' t} df' \right]^* dt = \int_{-\infty}^{\infty} X(f) \left[\int_{-\infty}^{\infty} Y^*(f') \left[\int_{-\infty}^{\infty} e^{j2\pi (f-f') t} dt \right] df' \right] df$

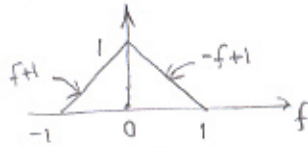
$= \int_{-\infty}^{\infty} X(f) Y^*(f) \left[\int_{-\infty}^{\infty} \delta(f'-f) df' \right] df = \int_{-\infty}^{\infty} X(f) Y^*(f) df$ (8P)

$X(f) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) e^{-j2\pi f t} dt$
 $x(t) = 1 \Rightarrow X(f) = \delta(f) \Rightarrow$
 $\delta(f) = \int_{-\infty}^{\infty} e^{-j2\pi f t} dt$
 $\delta(f'-f) = \int_{-\infty}^{\infty} e^{-j2\pi (f'-f) t} dt$

b) $x(t) = y(t) \Rightarrow X(f) = Y(f) \Rightarrow$

$$\int_{-\infty}^{\infty} |x(t)|^2 dt = \int_{-\infty}^{\infty} |X(f)|^2 df \quad (\text{Her iki de enerjiyi var. Bşçe değistirmekte enerji değişmez.}) \quad (2P)$$

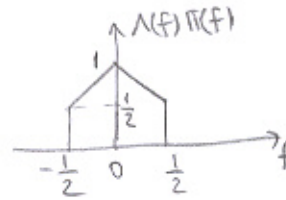
c) i) $x(t) = \sin^2(t) \Rightarrow X(f) = \Lambda(f)$



$$\int_{-\infty}^{\infty} \sin^4(t) dt = \int_{-\infty}^{\infty} \Lambda^2(f) df = \int_{-1}^0 (f+1)^2 df + \int_0^1 (-f+1)^2 df = \frac{1}{3} + \frac{1}{3} = \frac{2}{3} \quad (4P)$$

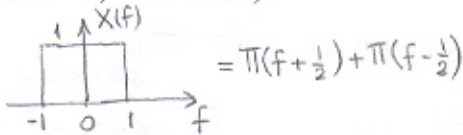
ii) $x(t) = \text{sinc}(t)$, $y(t) = \text{sinc}(t) \Rightarrow X(f) = \Lambda(f)$, $Y(f) = \Pi(f)$

$$\int_{-\infty}^{\infty} \text{sinc}^3(t) dt = \int_{-\infty}^{\infty} \Lambda(f) \Pi(f) df = 1 \times \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{3}{4} \quad (4P)$$



20P 3) a) $x_c(t) = \frac{A_c}{2} [x(t) \cos 2\pi f_c t \pm \hat{x}(t) \sin 2\pi f_c t]$ (3P), +: Aik YB, -: İa YB, $\hat{x}(t) = x(t) * \frac{1}{jt}$ ($x(t)$ 'nin Hilbert dönüşümü)

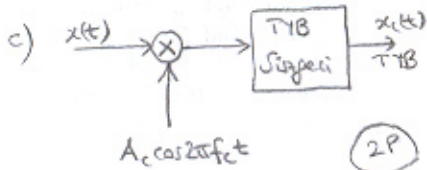
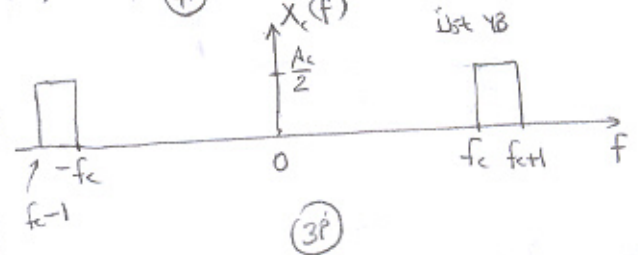
b) $x(t) = 2 \sin c 2t \Rightarrow X(f) = \Pi(\frac{f}{2})$



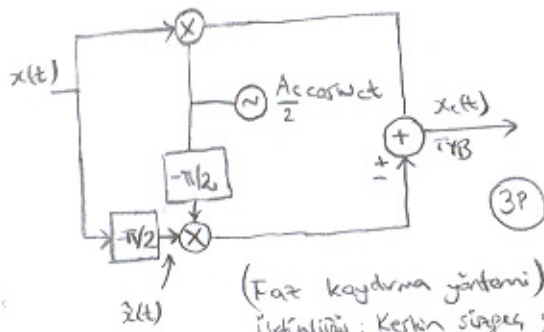
$$\hat{X}(f) = \mathcal{F}\{x(t)\} = -j \text{sgn}(f) X(f) = -j \Pi(f + \frac{1}{2}) + j \Pi(f - \frac{1}{2})$$

$$\begin{aligned} \hat{x}(t) &= \mathcal{F}^{-1}\{\hat{X}(f)\} = j e^{j\pi t} \text{sinc}(t) - j e^{-j\pi t} \text{sinc}(t) \\ &= -j (e^{j\pi t} - e^{-j\pi t}) \text{sinc}(t) \\ &= -j \cdot 2j \sin(\pi t) \cdot \text{sinc}(t) \\ &= 2 \sin(\pi t) \text{sinc}(t) \end{aligned}$$

$$x_c(t) = \frac{A_c}{2} [2 \sin c(2t) \cos(2\pi f_c t) - 2 \sin(\pi t) \text{sinc}(t) \sin 2\pi f_c t]$$



(Süperseleme yöntemi)
Sakıncası: Çok keskin
süperseleme gerektirmesi



(Faz kaydırma yöntemi)
Üstünlüğü: Keskin süperseleme gerektirmesi
Sakıncası: Hilbert dönüşümünün
gerçekleşmesi

d) $x_c(t) = B_c \cos \omega_c t + \frac{A_c}{2} [x(t) \cos \omega_c t \pm \hat{x}(t) \sin \omega_c t]$

Zarf $\Rightarrow A(t) \cos(\omega_c t + \theta(t)) \Rightarrow$

$$\begin{aligned} A(t) &= \sqrt{\left(B_c + \frac{A_c}{2} x(t)\right)^2 + \left(\frac{A_c}{2} \hat{x}(t)\right)^2} \\ &= \sqrt{B_c^2 + A_c B_c x(t) + \frac{A_c^2}{4} x^2(t) + \frac{A_c^2}{4} \hat{x}^2(t)} \\ &= B_c \sqrt{1 + \frac{A_c}{B_c} x(t) + \left(\frac{A_c}{B_c} x(t)\right)^2 \frac{1}{4} + \left(\frac{A_c}{B_c} \hat{x}(t)\right)^2 \frac{1}{4}} \end{aligned}$$

$B_c^2 \gg A_c^2 x^2(t)$ ve $B_c^2 \gg A_c^2 \hat{x}^2(t)$ ise

$$A(t) \approx B_c \sqrt{1 + \frac{A_c}{B_c} x(t)} \approx B_c \left(1 + \frac{A_c}{B_c} \frac{x(t)}{2}\right)$$

(Yukarıdaki koşul, tüm $x(t)$ ve t 'ler için sağlanmaz da, çoğu $x(t)$ ve t için sağlanır.)

Görüldüğü gibi, taşıyıcı T/B'yi zarf seçici ile demodüle edebilmek için, SM'ye göre çok daha fazla saf taşıyıcı gücü harcanmalıdır. (2P)

4) a) $x_{c1}(t) = A_c \cos(2\pi f_c t + k_f \int x(t) dt)$

$x(t) = a \cos \omega_m t \Rightarrow$

$x_{c1}(t) = A_c \cos(2\pi f_c t + \beta \sin \omega_m t)$

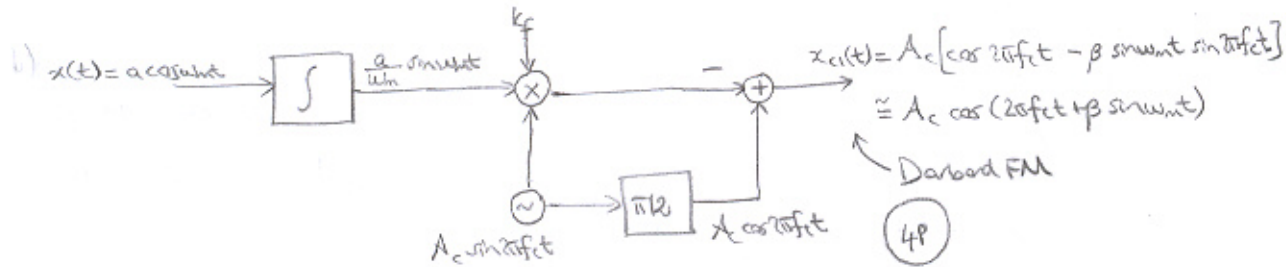
$\beta = \frac{\Delta f}{f_m}, \Delta f = \frac{k_f a}{2\pi}$

$= A_c \cos 2\pi f_c t \cdot \underbrace{\cos(\beta \sin \omega_m t)}_{\approx 1} - A_c \sin 2\pi f_c t \cdot \underbrace{\sin(\beta \sin \omega_m t)}_{\approx \beta \sin \omega_m t}$

Darband FM için \rightarrow

$\approx A_c \cos 2\pi f_c t - A_c \beta \sin \omega_m t \sin 2\pi f_c t$

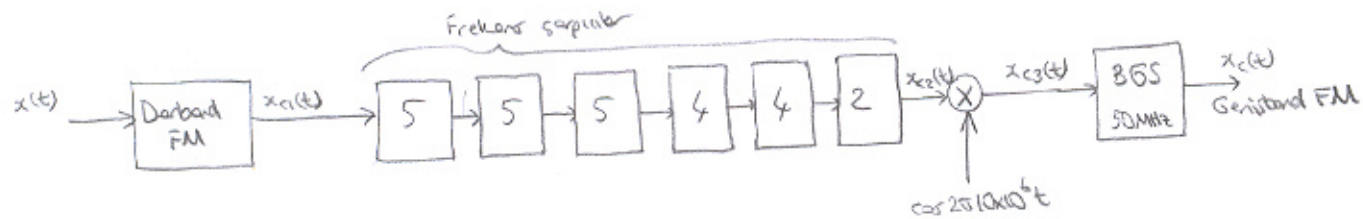
$= \cos 2\pi 10^4 t - 0.02 \sin 2000\pi t \sin 2\pi 10^4 t \Rightarrow A_c = 1, x(t) = a \cos 2000\pi t, f_c = 10^4, \beta = 0.02, \Delta f =$



b) $\Delta f' = n \Delta f \Rightarrow n = \frac{80000}{20} = 4000$

$n < \frac{f_c - 2f_m}{2\Delta f} - \frac{1}{2} = \frac{10^4 - 2000}{2 \cdot 20} - \frac{1}{2} = 199.5$

En az sayıdan sonra, $4000 = 5 \times 5 \times 5 \times 4 \times 4 \times 2$ ile sağlanır.



$x_{c2}(t) = A_c \cos(2\pi f_c t + n\beta \sin \omega_m t)$
 $= \cos(2\pi 40 \times 10^4 t + 80 \sin 2000\pi t)$

$x_{c3}(t) = \frac{1}{2} \cos(2\pi 50 \times 10^4 t + 80 \sin 2000\pi t) + \frac{1}{2} \cos(2\pi 30 \times 10^4 t + 80 \sin 2000\pi t)$

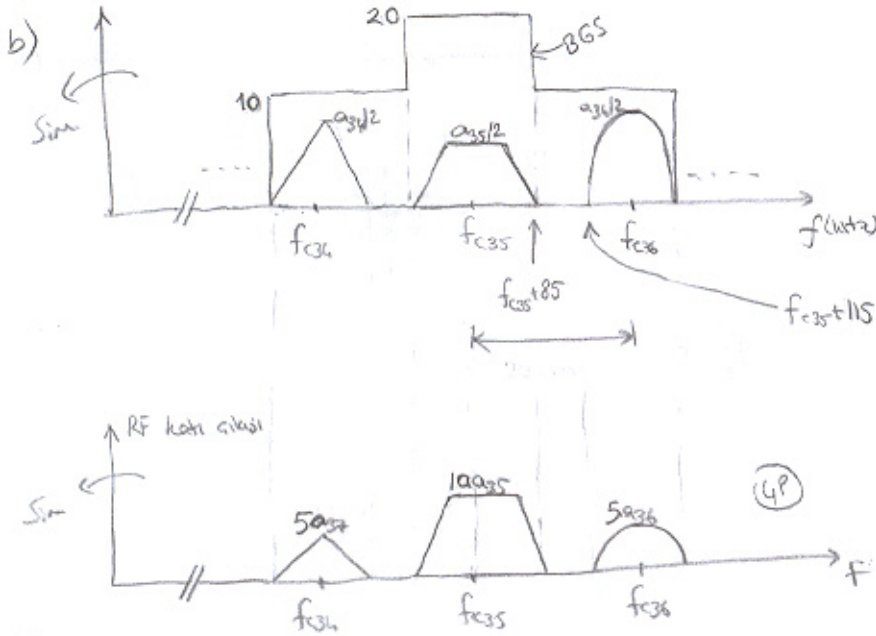
↑
BGS'den bu term geçer.

$x_c(t) = \frac{1}{2} \cos(2\pi 50 \times 10^4 t + \underbrace{80}_{\beta'}) \sin 2000\pi t$

$\beta' = \frac{\Delta f'}{f_m} \Rightarrow \Delta f' = \beta' f_m = 80 \times 1000 = 80 \text{ kHz}$

$B_T = 2(\Delta f' + f_m) = 2(80 \times 10^3 + 10^3) = 162 \text{ kHz}$

25P (5) a) $B_T = 2(Af + W) = 2(75 + 10) = 170 \text{ kHz}$. (3P)



3P

Zaman bağırsında,

$$= 20a_{35} \cos(2\pi f_{c35}t + 2\pi Af \int x_{35}(t)dt) + 10a_{34} \cos(2\pi f_{c34}t + 2\pi Af \int x_{34}(t)dt) + 10a_{36} \cos(2\pi f_{c36}t + 2\pi Af \int x_{36}(t)dt)$$

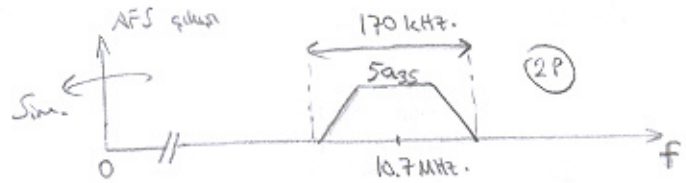
c) RF katı çıkışındaki işaretler $\times \cos 2\pi f_{c35}t$, ($f_{c35} = f_{c35} - 10.7 \times 10^6$)

$$= 10a_{35} \cos[2\pi(2f_{c35} - 10.7 \times 10^6)t + 2\pi Af \int x_{35}(t)dt] + 10a_{35} \cos[2\pi(10.7 \times 10^6)t + 2\pi Af \int x_{35}(t)dt] + 5a_{34} \cos[2\pi(f_{c34} + f_{c35} - 10.7 \times 10^6)t + 2\pi Af \int x_{34}(t)dt] + 5a_{34} \cos[2\pi(f_{c34} - f_{c35} + 10.7 \times 10^6)t + 2\pi Af \int x_{34}(t)dt] + 5a_{36} \cos[2\pi(f_{c36} + f_{c35} - 10.7 \times 10^6)t + 2\pi Af \int x_{36}(t)dt] + 5a_{36} \cos[2\pi(f_{c36} - f_{c35} + 10.7 \times 10^6)t + 2\pi Af \int x_{36}(t)dt]$$

AFS çıkışı,

$$= 10a_{35} \cos[2\pi(10.7 \times 10^6)t + 2\pi Af \int x_{35}(t)dt]$$

Taayıcı frekansı 10.7 MHz. (2P)



d) $f_x = f_{c34}$ seçilseydi, AFS çıkışı $10a_{34} \cos[2\pi(10.7 \times 10^6)t + 2\pi Af \int x_{34}(t)dt]$ olurdu. (2P)

Taayıcı frekansı değışmezdi. Ara frekans katının görevi, FM demodölâtörüne giren işareti taşıyıcı frekansın kullanımıyla seçimi istasyondan bağlamak olarak hep 10.7 MHz'de tutulmuştur. Böylece FM demodölâtörün elektronik devresi bu frekansta verimi sağlayacak biçimde tasarlanır. Ara frekans katı olmasaydı, FM demodölâtörün verimi seçilen istasyona göre değışirdi. (3P)

e) $f_i = f_{c35} - 10.7 \text{ MHz}$ için RF katının çıkışında $f_{c35} - 21.4 \text{ MHz}$ frekansı bir işaret de bulunsa, AFS çıkışı,

$$10a_{35} \cos[2\pi(10.7 \times 10^6)t + 2\pi Af \int x_{35}(t)dt] + (10.7 \text{ MHz frekansı taşıyan bir işaret})$$

olur. Hayal frekansındaki işaret asıl alınması gereken işareti bozar. Bu problemde karşılaşılan için, RF katındaki BST'nin band genişliği, hayal frekansları geçiremeyecek biçimde olmalıdır. (3P)