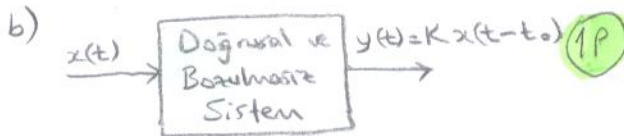


15P ① a) $x(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} c_n e^{jn\omega_0 t}$, $\omega_0 = 2\pi f_0$

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

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

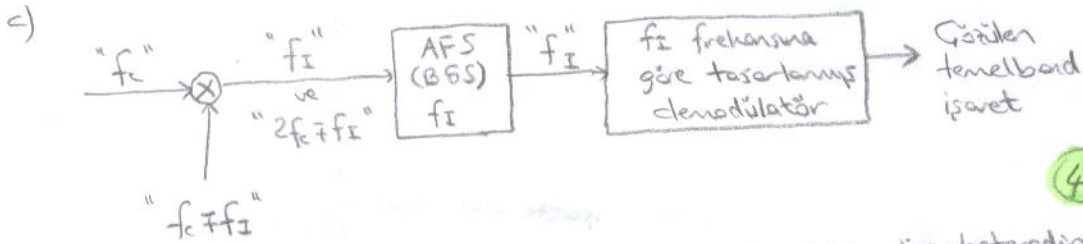
iii) $x(t) = \cos 2\pi f_0 t + \sin 2\pi f_0 t = \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2j}\right) e^{j2\pi f_0 t} + \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{2j}\right) e^{-j2\pi f_0 t} \Rightarrow c_n = \begin{cases} \frac{1-j}{2}, & n = 1 \\ \frac{1+j}{2}, & n = -1 \\ 0, & \text{diğnada} \end{cases}$ (2P)



$x(t) = \delta(t) \Rightarrow y(t) = h(t) = K\delta(t - t_0)$ (1P)

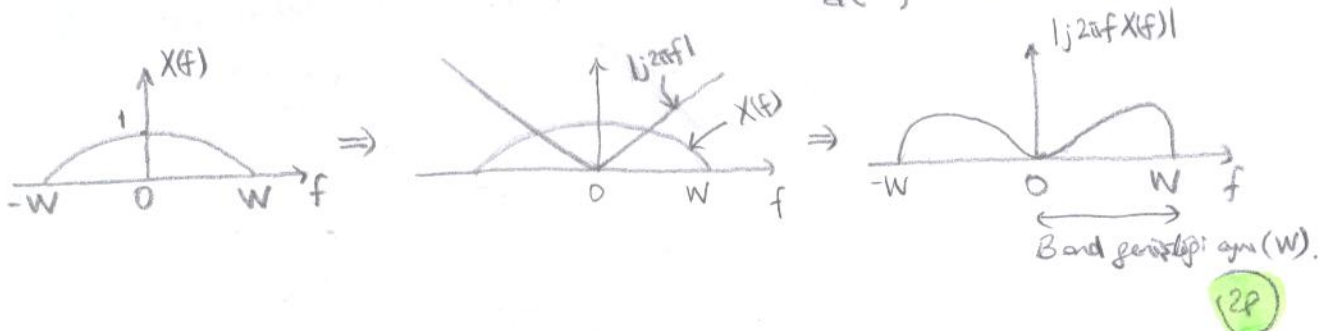
$H(f) = \mathcal{F}\{h(t)\} = K e^{-j2\pi f t_0}$ (1P)

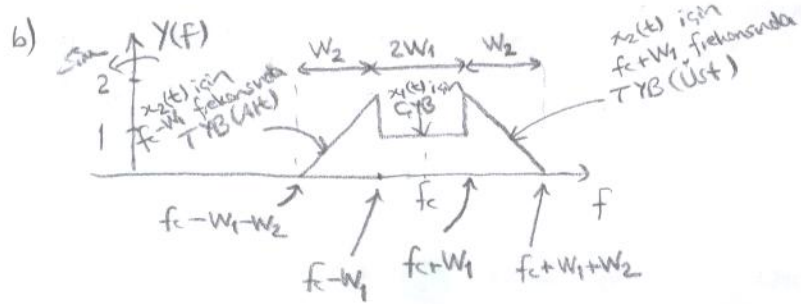
$x(t) = t^3 \cos t \Rightarrow y(t) = K(t - t_0)^3 \cos(t - t_0)$ (2P)



Sadere (tasarımcı) frekansları gösterilen yukarıdaki süper-heterodin alıcı, alınan işaret hangi f_c frekansında olursa olsun, onu sabit bir f_i ara frekansa taşıyır. Örneğin GM ve FM radyo yayıncılığı için f_i değerleri sırasıyla 455 kHz ve 10.7 MHz'dir. Böylece bu sabit ara frekans için tasarlanan demodülatör devresi (pratikte demodülatör devresinde kuvvetlendirici ve süzgeç de bulunur) maksimum verimle çalışır.

20P ② a) $x(t) = \int_{-\infty}^{\infty} X(f) e^{j2\pi f t} df \Rightarrow \frac{dx(t)}{dt} = \frac{d}{dt} \left[\int_{-\infty}^{\infty} X(f) e^{j2\pi f t} df \right] = \int_{-\infty}^{\infty} X(f) \frac{d}{dt} [e^{j2\pi f t}] df$
 $= \int_{-\infty}^{\infty} j2\pi f X(f) e^{j2\pi f t} df$
 $\mathcal{F}\left\{\frac{dx(t)}{dt}\right\} = j2\pi f X(f)$ (4P)





$$y(t) = 2x_1(t) \cos 2\pi f_c t + 2(x_2(t) \cos 2\pi(f_c + W_1)t - \hat{x}_2(t) \sin 2\pi(f_c + W_1)t) + 2(x_2(t) \cos 2\pi(f_c - W_1)t + \hat{x}_2(t) \sin 2\pi(f_c - W_1)t)$$

$$= 2x_1(t) \cos 2\pi f_c t + 4(x_2(t) \cos 2\pi W_1 t - \hat{x}_2(t) \sin 2\pi W_1 t) \cos 2\pi f_c t$$

$$\hat{x}_2(t) = x_2(t) * \frac{1}{\pi t}$$

c) Periyodik bir işaretin özelliği fonksiyonunun ve güç spektral yoğunluğunun bulunması.

$x(t)$ periyodik ise, özelliği fonksiyonu $R(z) = \frac{1}{T_0} \int_{-T_0/2}^{T_0/2} x(t)x(t+z)dt$ (Limit kaldırıldı)

$$x(t) = \sum_k c_k e^{j\frac{2\pi k}{T_0}t}$$

$$R(z) = \sum_k \sum_l c_k c_l e^{j\frac{2\pi k}{T_0}t} \frac{1}{T_0} \int_{-T_0/2}^{T_0/2} e^{j\frac{2\pi(l-k)z}{T_0}t} dt = \sum_l c_l c_{-l} e^{j\frac{2\pi l z}{T_0}} = \sum_l |c_l|^2 e^{j\frac{2\pi l z}{T_0}}$$

$\begin{cases} 1, & k=-l \\ 0, & k \neq -l \end{cases}$

$$G(f) = F\{R(z)\} = \sum_l |c_l|^2 \delta(f - \frac{l}{T_0})$$

$$P = R(0) = \sum_l |c_l|^2$$

32P ③ a) $x_A(t) = A_{c1}(1 + m x_1(t)) \cos 2\pi f_c t + A_{c2} \cos(2\pi f_c t + k_f \int x_2(z) dz)$

1
 $\Delta f = \frac{k_f |x_1(t)|_{max}}{2\pi} = \frac{k_f}{2\pi}$

Sistem B'de FM mod. girişindeki işarete $z(t)$ diyelim.

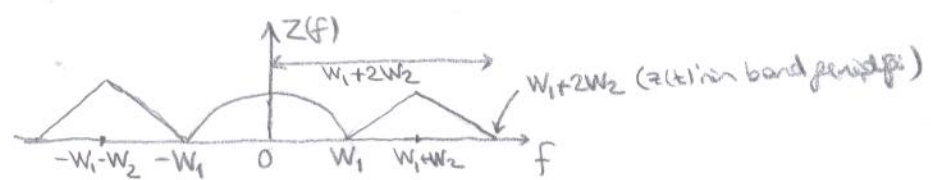
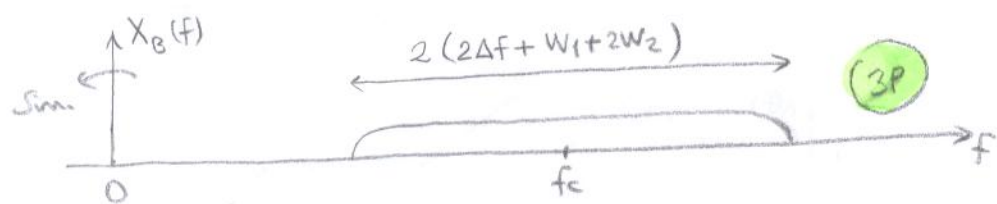
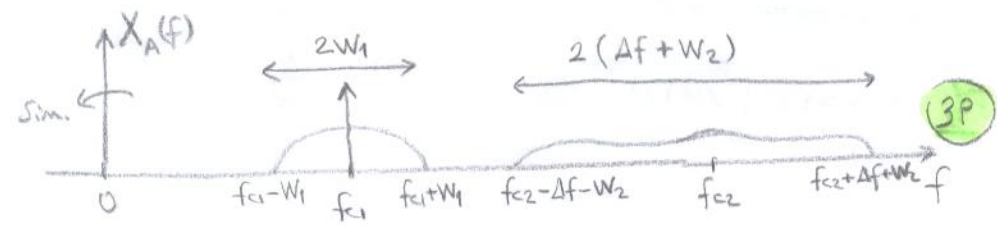
$$z(t) = x_1(t) + x_2(t) \cos 2\pi(W_1 + W_2)t$$

$$x_B(t) = A_{c2} \cos(2\pi f_c t + k_f \int z(z) dz)$$

$$= A_{c2} \cos(2\pi f_c t + k_f \int [x_1(z) + x_2(z) \cos 2\pi(W_1 + W_2)z] dz)$$

\uparrow
 $\pi \Delta f_B = 2\pi \Delta f$

2
 $\Delta f_B = \frac{k_f |z(t)|_{max}}{2\pi} = \frac{k_f}{\pi} = 2\Delta f$



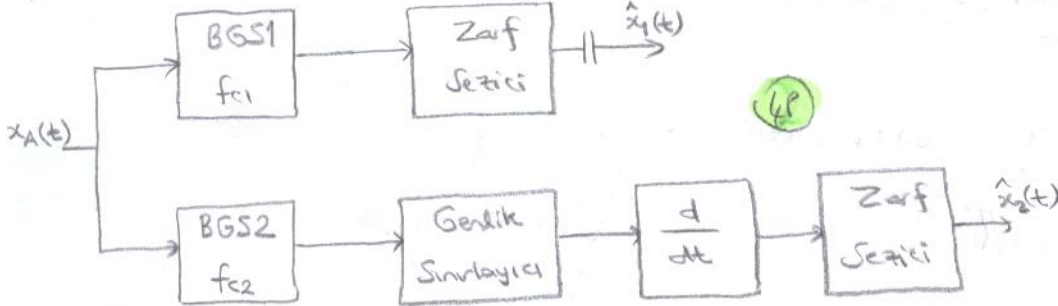
b) Spektrumlar arasında boşluk olmasa $x_A(t)$ 'nin band genişliği m.h. olur.

Yani $|f_{c2} - f_{c1}| = W_1 + \Delta f + W_2$ olmalıdır. (3P)

c) $x_A(t)$ 'nin band genişliği: $B_A = 2W_1 + 2(\Delta f + W_2) = 2(W_1 + W_2 + \Delta f)$ (2P)

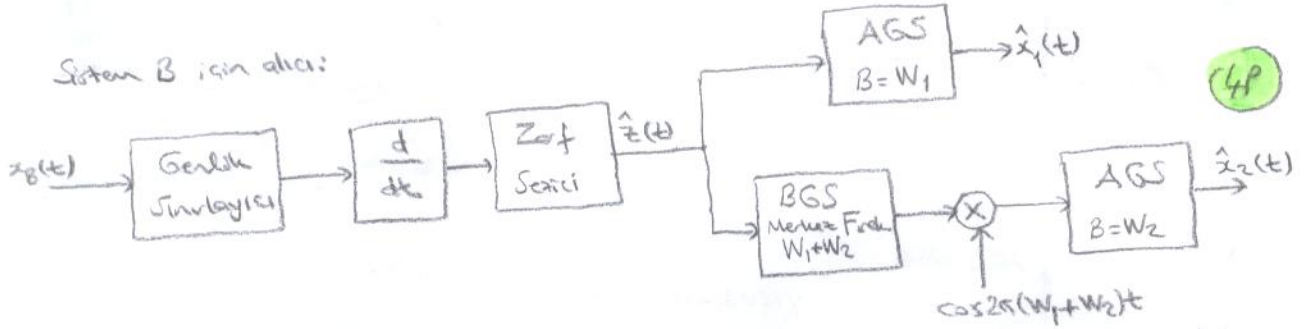
$x_B(t)$ 'nin band genişliği $B_B = 2(W_1 + 2W_2 + 2\Delta f)$ (2P)

d) Sistem A için alıcı:



Zarf seçiciler yerine eşzamanlı GM demodülatörleri de kullanılabilir.

Sistem B için alıcı:



e) İletim band genişliği açısından, her zaman $B_A < B_B$ olduğundan Sistem A avantajlıdır.

Sistem A'da, yüksek frekanslarda çalışan 2 ayrı modülatör olduğu için, bu sistem daha yüksek verici karmaşıklığına sahiptir (Sistem B'deki $\cos(2\pi(W_1+W_2)t)$ ile sağlama işlemi düşük frekanslarda olduğu için daha kolay gerçekleştirilebilir). Alıcı karmaşıklığı açısından, iki ayrı kula baskıya ayrıldığı için yine Sistem A'nın biraz dezavantajlı olduğu söylenebilir.

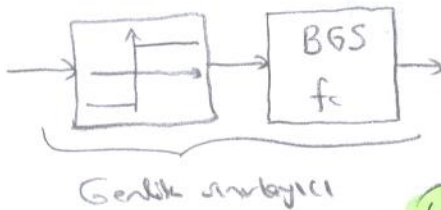
Sistem B'de $x_1(t)$ ve $x_2(t)$ 'nin her ikisi de FM ile iletildiğinden (ve etkiyle daha fazla band genişliğine sahip olduğundan), bu sistem daha iyi hata performansı sağlar. (3P)

i) İletim band genişliğinin önemli olduğu ortamlarda Sistem A, (1P)

ii) Hata performansının " " " " Sistem B kullanılır. (1P)

33P (4)

a)



(4P)

b) $x_1(t) = a(t) \cos(2\pi f_c t + 2\pi \Delta f \int x(z) dz)$

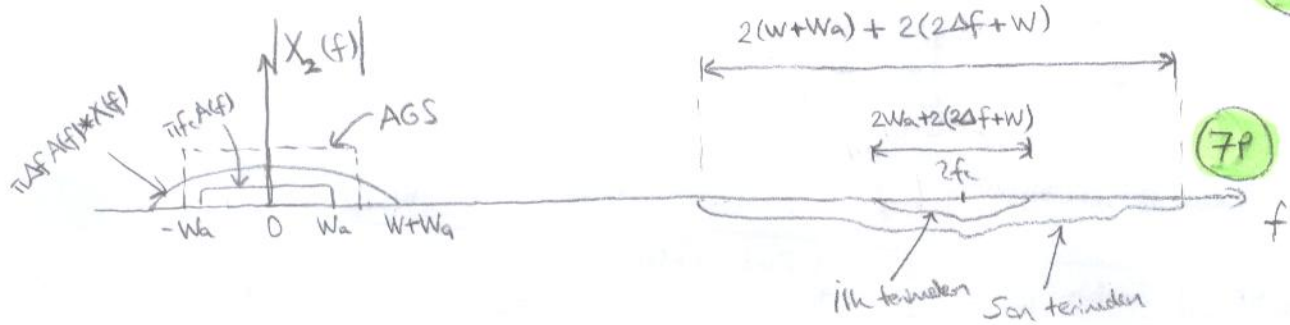
$$\frac{dx_1(t)}{dt} = \frac{da(t)}{dt} \cos(2\pi f_c t + 2\pi \Delta f \int x(z) dz) - a(t)(2\pi f_c + 2\pi \Delta f x(t)) \sin(2\pi f_c t + 2\pi \Delta f \int x(z) dz)$$

$$x_2(t) = -\sin(2\pi f_c t + 2\pi \Delta f \int x(z) dz) \frac{dx_1(t)}{dt}$$

$$= -\frac{da(t)}{dt} \underbrace{\frac{\sin \theta(t) \cos \theta(t)}{\sin 2\theta(t)}}_{\frac{1}{2}} + a(t)(2\pi f_c + 2\pi \Delta f x(t)) \underbrace{\frac{\sin^2 \theta(t)}{1 - \cos 2\theta(t)}}_{\frac{1}{2}}$$

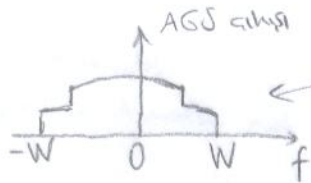
$$= -\frac{1}{2} \frac{da(t)}{dt} \sin 2\theta(t) + \frac{1}{2} a(t)(2\pi f_c + 2\pi \Delta f x(t)) - \frac{1}{2} a(t)(2\pi f_c + 2\pi \Delta f x(t)) \cos 2\theta(t)$$

5P



7P

c)



X(f)'ten fazla olacağı için

3P

d) $W + W_a + 2\Delta f + W + W + W_a < 2f_c$ olmalı.

$$\Rightarrow 3W + 2W_a + 2\Delta f < 2f_c$$

4P

e)

$$\frac{3W + 2W_a + 2\Delta f}{W} < \frac{2f_c}{W} \times \frac{\Delta f}{\Delta f}$$

$$\Rightarrow 2\beta + \frac{2W_a}{W} + 3 < \frac{2\beta}{D} \Rightarrow D < \frac{2\beta}{2\beta + 3 + \frac{2W_a}{W}} = D_{maks,e}$$

4P

a(t) sabit olsa $W_a = 0$ olur ve $D_{maks,e} = \frac{2\beta}{2\beta + 3}$ olur.

2P

f) Türev alıcıdan sonra zarf seçici kullanılsa, çıkış,

$$\sqrt{\left[\frac{da(t)}{dt}\right]^2 + \left[a(t)(2\pi f_c + 2\pi \Delta f x(t))\right]^2} \text{ olur.}$$

4P