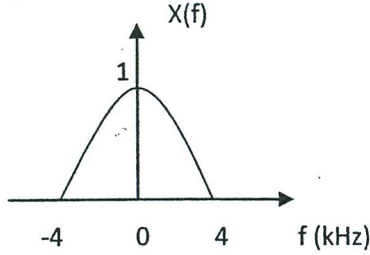
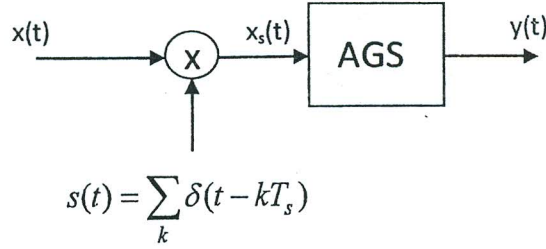


TEL 352 SAYISAL HABERLEŞME
1. Yıl İçi Sınavı



Şekil 1a.



Şekil 1b.

1) Frekans spektrumu Şekil 1a'da verilen $x(t)$ işareti, Şekil 1b'deki sistemin girişine uygulanıyor.

- $x_s(t)$ işaretin Fourier dönüşümü olan $X_s(f)$ 'in ifadesini yazınız ve $x(t)$ işaretinin $f_s = 1/T_s = 10$ kHz'de örneklenmiş olması durumunda $X_s(f)$ 'i çiziniz.
- $x_s(t)$ işareti, kazancı 1, bandgenişliği 16 kHz olan bir AGS'ten geçirilerek $y(t)$ işareti elde ediliyor. $Y(f) = F\{y(t)\}$ 'yi çiziniz. $y(t)$ 'yi $x(t)$ cinsinden yazınız.
- Alıcı kısımda $y(t)$ 'den $x(t)$ 'yi elde edebilmek için nasıl bir devre kullanılmalıdır?
- Şekil 1b'deki sistemin girişine $x(t)$ işareti yerine $\omega(t) = x(t) \cos 2\pi 20 \times 10^3 t$ işareti uygulanmış olsaydı, seçilebilecek en küçük örnekleme frekansı ne olurdu? Bu durumda b) ve c)'yi tekrarlayınız.

2) Bir $x(t)$ bilgi işaretinin genliği $f(x) = c(4-x)$, $0 \leq x \leq 4$ olasılık yoğunluk fonksiyonuna sahiptir (c : sabit)

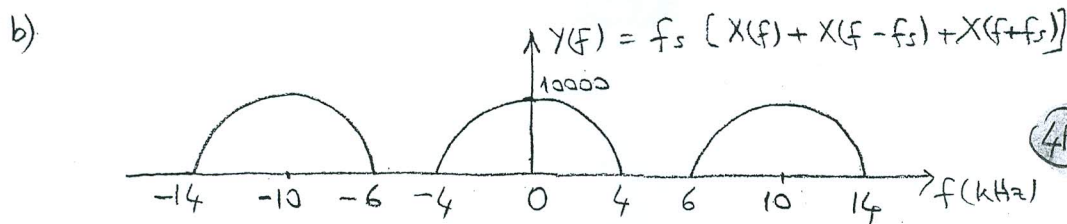
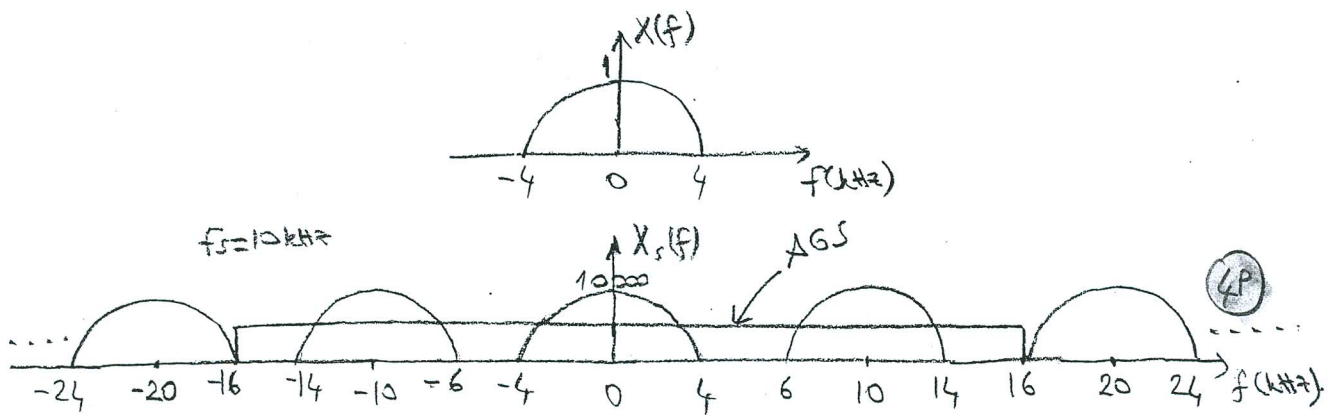
- c 'yi ve $x(t)$ 'nin ortalama gücü $S_x = E[x^2]$ 'yi bulunuz.
- $x(t)$ işareti, kuantalama düzeyleri $x_i = i - a$, $i \in \{1, 2, 3, 4\}$, $0 < a \leq 0.5$ biçiminde olan 4 düzeyli bir düzgün kuantalayıcının girişine uygulanmaktadır. İşlem basitliği amacıyla $N_q = S_q - S_x$ biçiminde tanımlansın. Kuantalanmış işaret/kuantalama gürültüsü güçleri oranı $S_q / N_q = 9.2$ dB olduğuna göre, a kaç Volt'tur?
- $a = 0.5$ için S_q / N_q 'yu dB olarak bulunuz.
- b) ve c) şıklarındaki sonuçları karşılaştırıp yorumlayınız.
- Kuanta düzeyleri, küçükten büyüğe doğru sırasıyla 00, 01, 11, 10 biçiminde kodlandığına göre, 0 ve 1 bitlerinin üretilme olasılıklarını bulunuz.

- 3) a. PPM modulatörü ve demodulatörünün blok diyagramlarını çiziniz. Çalışmasını çok kısa açıklayınız.
- PPM işaretin zaman bölgesi ifadesini yazınız. PPM lineer bir modülasyon mudur? Neden? PPM analog bir modülasyon türü müdür? Neden?
 - PPM'i, PAM ve PDM ile hata performansı, iletim gücü ve karmaşıklık açısından kısaca karşılaştırınız.

TEL 352 Sayısal Haberleşme
1. Arasınar Gözütürü

38P (1) a) $x_s(t) = x(t)s(t) = x(t) \sum_k \delta(t - kT_s)$

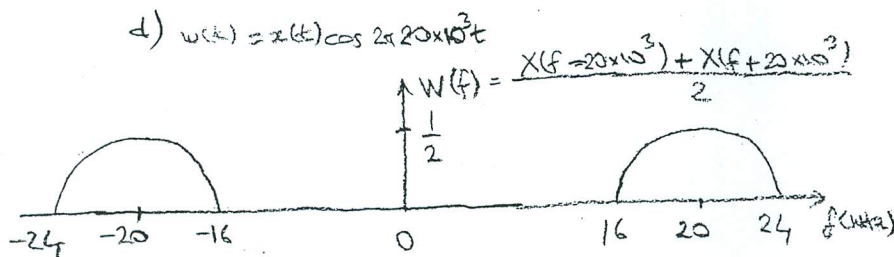
$X_s(f) = X(f) * S(f) = X(f) * f_s \sum_n \delta(f - nf_s) = f_s \sum_n X(f - nf_s)$ (4P)



$y(t) = \mathcal{F}^{-1}\{Y(f)\} = f_s [x(t) + x(t)e^{j2\pi f_s t} + x(t)e^{-j2\pi f_s t}]$
 $= f_s [x(t) + 2x(t)\cos(2\pi f_s t)] = f_s [1 + 2\cos(2\pi f_s t)]x(t)$ (4P)

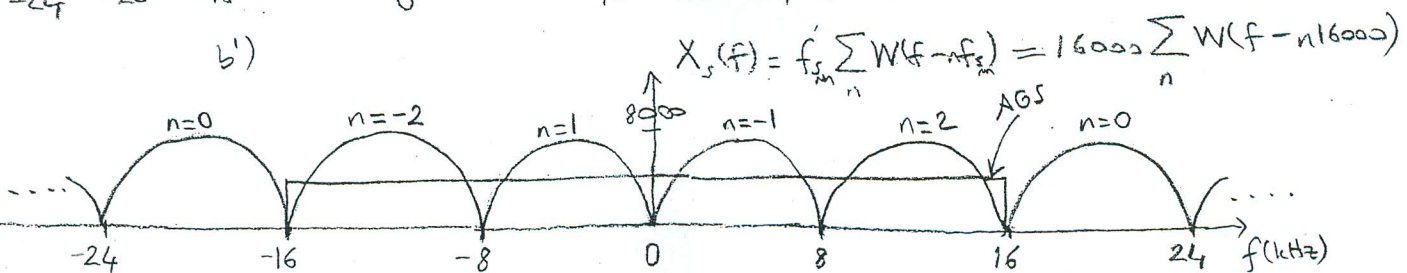


$K = 1/f_s$
 $4 \text{ kHz} \leq B < 6 \text{ kHz}$ (4P)

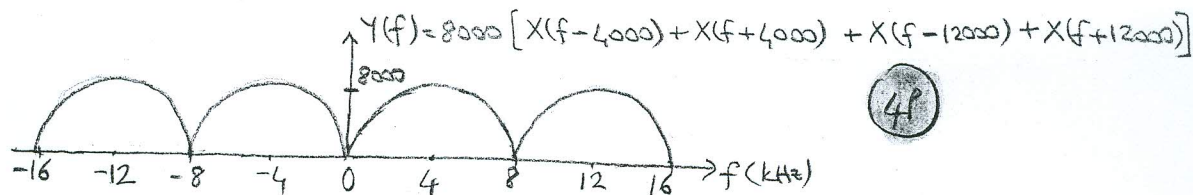


$f_{s \min} = \frac{2f_u}{v}$, $v = \left| \frac{f_u}{W} \right| = \left| \frac{24}{8} \right| = 3$
 $= \frac{2 \cdot 24}{3} = 16 \text{ kHz}$ (4P)

b')



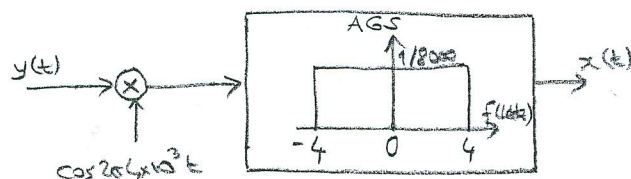
$x_s(t) = w(t)s(t) = w(t) \sum_k \delta(t - kT_s)$



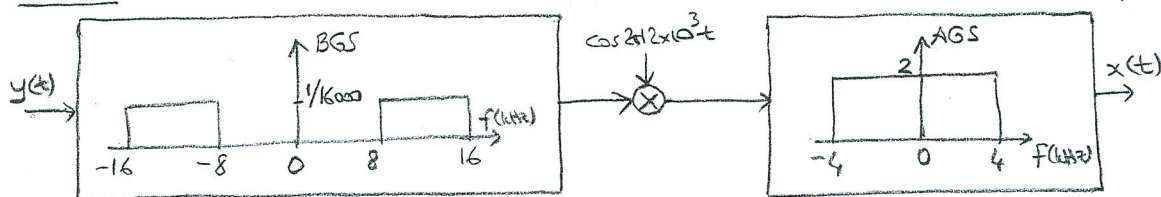
$y(t) = \mathcal{F}^{-1}\{Y(f)\} = 16000 [x(t) \cos 2\pi 4 \times 10^3 t + x(t) \cos 2\pi 12 \times 10^3 t]$

c)

I. Yol:



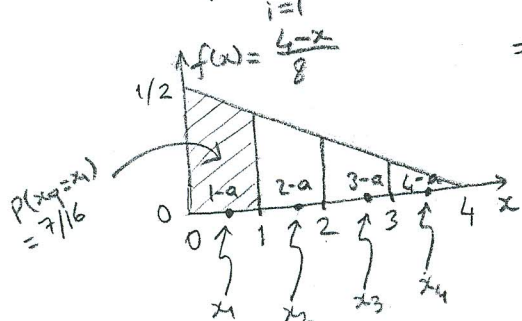
II. Yol:



32P (2) a) $\int_{-\infty}^{\infty} f(x) dx = \int_0^4 c(4-x) dx = 1 \Rightarrow c = 1/8$ (1P)

$S_x = \int_{-\infty}^{\infty} x^2 f(x) dx = \frac{1}{8} \int_0^4 x^2 (4-x) dx = \frac{8}{3} = 2.67 \text{ W}$ (3P)

b) $S_q = \sum_{i=1}^4 x_i^2 P(x_q = x_i) = \sum_{i=1}^4 (i-a)^2 P(x_q = x_i)$



$= \frac{1}{8} [(1-a)^2 \int_0^{0.5} (4-x) dx + (2-a)^2 \int_{0.5}^{1.5} (4-x) dx + (3-a)^2 \int_{1.5}^{2.5} (4-x) dx + (4-a)^2 \int_{2.5}^{3.5} (4-x) dx]$

$= a^2 - 3.75a + 4.375$

$N_q = S_q - S_x = a^2 - 3.75a + 1.708$ (Gösterilebilir ki $a < 0.53$ ise $N_q > 0$)

$10 \log \frac{S_q}{N_q} = 10 \log \frac{S_q}{S_q - S_x} = 9.2 \text{ dB} \Rightarrow \frac{S_q}{S_q - \frac{8}{3}} = 10^{0.92} \Rightarrow S_q = 3.031 \text{ W}$

$\Rightarrow a \approx 0.4 \text{ V}$ (12P)

c) $a = 0.5 \Rightarrow S_q = \frac{1}{8} [0.5^2 \int_0^{0.5} (4-x) dx + 1.5^2 \int_{0.5}^{1.5} (4-x) dx + 2.5^2 \int_{1.5}^{2.5} (4-x) dx + 3.5^2 \int_{2.5}^{3.5} (4-x) dx]$

$= \frac{22}{8} = 2.75 \text{ W}$

$N_q = S_q - S_x = 2.75 - \frac{8}{3} \approx 0.083 \text{ W}$

$\Rightarrow \frac{S_q}{N_q} (\text{dB}) = 10 \log \frac{2.75}{0.083} \approx 15.19 \text{ dB}$

(8P)

d) $a=0.4 \Rightarrow SNR = 3.2 \text{ dB}$
 $a=0.5 \Rightarrow SNR = 15.36 \text{ dB}$

Görüldüğü gibi, kuantalama düzeyleri kuantalama aralıklarının tam ortasında seçilince SNR arttı. (4P)

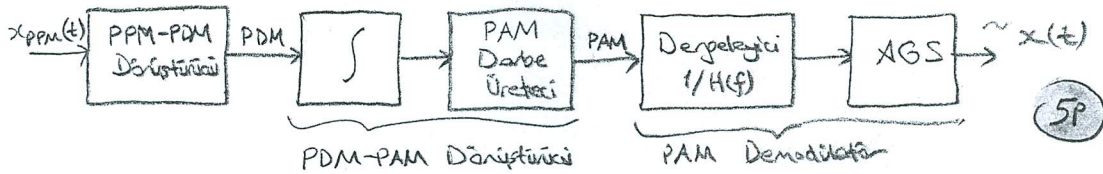
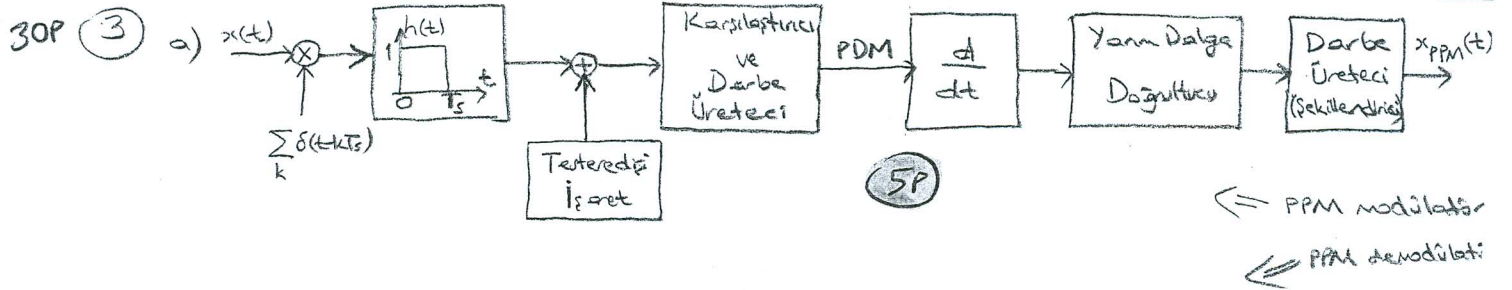
Diğer a değerlerine de bakularak gösterilebilir ki, kuantalama düzeylerini kuantalama aralıklarının tam ortasında seçmek SNR'ı maksimum yapar.

e) $x_1 \leftrightarrow 00$
 $x_2 \leftrightarrow 01$
 $x_3 \leftrightarrow 11$
 $x_4 \leftrightarrow 10$

$$P_0 = \frac{2}{2} P(x_q = x_1) + \frac{1}{2} P(x_q = x_2) + \frac{1}{2} P(x_q = x_4)$$

$$= \frac{2}{2} \cdot \frac{7}{16} + \frac{1}{2} \cdot \frac{5}{16} + \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{16} = \frac{5}{8} = 0.625$$

$$P_1 = 1 - P_0 = \frac{3}{8} = 0.375$$



PPM işaret elde etmek için önce PDM işaret elde edilir. Bu amaçla örnekleme süresi T_s olan PAM işaretlere testere dışı işaretler eklenir ve bir karşılaştırmalı devreye uygulanır. Karşılaştırmalı devrenin girişi belli bir eşik değeri üzerinde kaldığı müddetçe, bir darbe üretici yardımıyla çıkışta darbe üretilir. Eşik değeri altında çıkış sıfır olur. Böylece genlikler zamanında genliklere çevrilerek PDM işaret elde edilir. Ardından, PDM işaretin türevi alınarak, darbelerin bittiği yerde ortaya çıkan impulsif işaretler yarı dalgı doğrultucu ile doğrultulur. Son olarak bu işaretler kısa(τ) süreli darbelerle dönüştürülerek PPM işaret elde edilir. Alıcıda PPM işaret önce PDM sonra PAM işaretine dönüştürülür. Son olarak PAM demodülasyonu yardımıyla $x(t)$ elde edilir. (4P)

b)
$$x_{PPM}(t) = A \sum_{k=-\infty}^{\infty} \Pi\left(\frac{t - t_k - \tau/2}{\tau}\right), \quad t_k = kT_s + z_k, \quad z_k = z_s + k_s x(kT_s)$$

$$= A \sum_{k=-\infty}^{\infty} \Pi\left(\frac{t - kT_s - z_s - k_s x(kT_s) - \tau/2}{\tau}\right)$$

a ve b sabit sayılar olmak üzere, giriş işareti $ax_1(t) + bx_2(t)$ olduğunda çıkış işareti

$$A \sum_{k=-\infty}^{\infty} \Pi\left(\frac{t - kT_s - z_s - k_s (ax_1(kT_s) + bx_2(kT_s)) - \tau/2}{\tau}\right)$$

$$aA \sum_{k=-\infty}^{\infty} \Pi\left(\frac{t - kT_s - z_s - k_s x_1(kT_s) - \tau/2}{\tau}\right) + bA \sum_{k=-\infty}^{\infty} \Pi\left(\frac{t - kT_s - z_s - k_s x_2(kT_s) - \tau/2}{\tau}\right)$$

(toplanabilirlik ve homojenlik sağlamadığı için), PPM lineer değildir. (4P)

Taşıyıcı işareti değiştirilen parametresi (t_0), $x(t)$ 'nin sürekli bir fonksiyonu olduğu için PPM analog bir modülasyon türüdür. (4P)

c) PPM, PAM ve PDM'e göre hata başarımı ve iletim gücü avantajlarına sahip. Bununla beraber, PPM modülasyon ve demodülasyonları daha karmaşık.