



TOBB
EKONOMİ VE TEKNOLOJİ
ÜNİVERSİTESİ

Not: Sınav başlamadan önce adınızı ve numaranızı okunaklı olarak yazınız. Uyarıları ve kuralları okuyup kağıdı imzalayınız.

Adı Soyadı : *Tolga Girici*

Öğrenci No :

ELE 361 – HABERLEŞME SİSTEMLERİNE GİRİŞ ARA SINAVI

ÖNEMLİ UYARI !!!

Yükseköğretim Kurumları Öğrenci Disiplin Yönetmeliği Madde 9-m'ye göre “sınavlarda kopya yapmak veya yaptırmak veya bunlara teşebbüs etmek” fiilinin suçu YÜKSEKÖĞRETİM KURUMUNDAN BİR VEYA İKİ YARIYIL İÇİN UZAKLAŞTIRMA cezasıdır.

1. Süre 120 dakikadır.
2. Hesap makinesi kullanabilirsiniz.
3. Cep telefonlarınızı kapatınız.
4. Lütfen cevaplarınızı açıklayınız.

UYARI VE KURALLARI OKUDUM

Öğrencinin İmzası:

Soru	1	2	3	4	5	Toplam
Puan	20	25	20	25	15	105
Not						

Bessel functions $J_n(\beta)$

Modulation index β

β	J_0	J_1	J_2	J_3	J_4	J_5	J_6	J_7	J_8	J_9	J_{10}
0	1.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.25	0.98	0.12	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.5	0.94	0.24	0.03	—	—	—	—	—	—	—	—
1	0.77	0.44	0.12	0.02	—	—	—	—	—	—	—
1.5	0.51	0.56	0.23	0.06	0.01	—	—	—	—	—	—
2	0.22	0.58	0.35	0.13	0.03	—	—	—	—	—	—
2.4	0.00	0.52	0.43	0.20	0.06	0.02	—	—	—	—	—
2.5	-0.05	0.50	0.45	0.22	0.07	0.02	—	—	—	—	—
3	-0.26	0.34	0.49	0.31	0.13	0.04	0.01	—	—	—	—
4	-0.40	-0.07	0.36	0.43	0.28	0.13	0.05	0.01	—	—	—
5	-0.18	-0.33	0.05	0.36	0.39	0.26	0.13	0.05	0.02	—	—
6	0.15	-0.28	-0.24	0.11	0.36	0.36	0.25	0.13	0.06	0.02	—
7	0.30	0.0	-0.30	-0.17	0.16	0.35	0.34	0.23	0.13	0.06	0.02
8	0.17	0.23	-0.11	-0.29	-0.10	0.19	0.34	0.32	0.22	0.13	0.06
9	-0.09	0.24	0.15	-0.18	-0.26	-0.06	0.20	0.33	0.31	0.21	0.13
10	-0.25	0.04	0.26	0.06	-0.22	-0.23	-0.01	0.22	0.32	0.29	0.21
12	0.05	-0.22	-0.08	0.19	0.18	-0.07	-0.24	-0.17	0.05	0.23	0.30
15	-0.01	0.20	0.04	-0.19	-0.12	0.13	0.21	0.03	-0.17	-0.22	-0.09

Soru 1) [20 puan] Aşağıdaki soruların her birini (en fazla 3-4 satır olacak şekilde) cevaplayınız

- [5]AM sistemlerinde zarf algılayıcı (envelope detector) kullanmanın bir avantajını ve bir dezavantajını yazınız.
- [5]Evre uyumlu (coherent) kipçözümü neden önemlidir? Bazı denklemleri kullanarak kısaca açıklayınız.
- [5]AM/FM alıcılarında ara frekans (intermediate frequency) kullanımının sebebini açıklayınız.
- [5]AM/FM alıcılarında eşlenik frekans (image frequency) kavramını açıklayınız. Bu bir problem ise bu problem nasıl çözülmektedir?

- a) Avantaj: Çok basit bir alıcı yapısı
Dezavantaj: Taşıyıcıyı da iletmek ve güç harcanmış gerektirir.
- b) DSBSC: $x(t) = A_c m(t) \cos(2\pi f_c t)$
alıcıda $x(t) \cos(2\pi f_c t + \theta) = A_c m(t) \cos(2\pi f_c t) \cos(2\pi f_c t + \theta)$
 $= \frac{A_c m(t)}{2} \cos(4\pi f_c t + \theta) + \frac{A_c m(t)}{2} \cos \theta$
LPF $\rightarrow \frac{A_c m(t)}{2} \cos \theta$
 $\theta = 90^\circ$ olursa hiçbir şey elde edilmez
- c) Dinlemek istediğiniz frekans ne olursa olsun bu ara frekansa çekilir ve o frekans için özel hazırlanmış kaliteli bir filtre ile filtrelendir. Aksi halde her radyo istasyonu için ayrı bir filtre tasarlamak gerektirir.
- d) $f_{LO} = f_{RF} + f_{IF}$ ile çarpılır ve f_{IF} 'e taşınmış olur.
Bu süreçte $f_{IM} = f_{RF} + 2f_{IF}$ frekansı da aynı bantta taşınmış olur ve sinyaller karışır.
Önceden RF yükselteci ile f_{IM} frekansı bloke edilerek bu problem çözülür.

Soru 2) [25 puan] Bir mesaj sinyali $m(t) = \sin(2\pi t)$ aşığıdaki AM kiplemesi ile ileilmektedir.

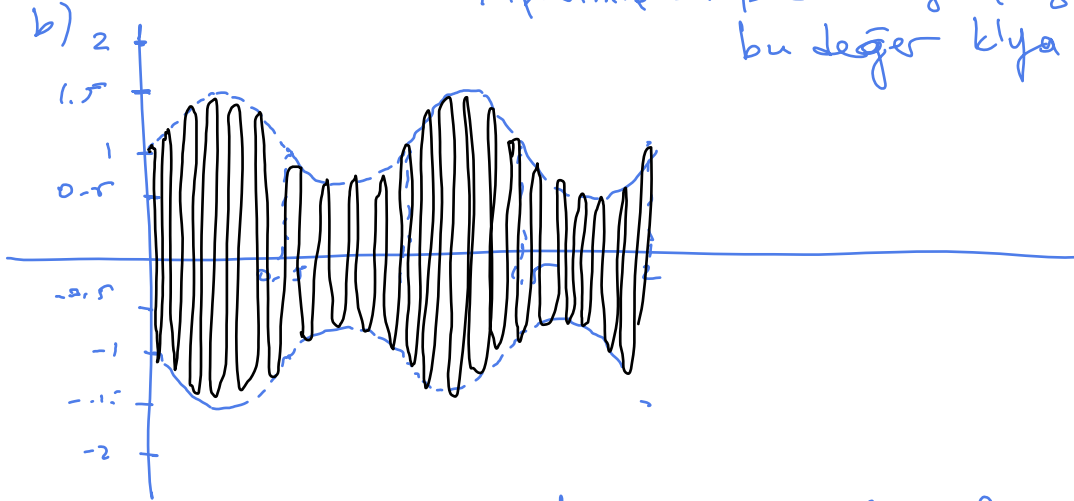
$$u(t) = (1 + km(t)) \cos(20\pi t)$$

- [10] Bu ne tür bir AM kiplemesidir? Mesaj sinyali bant genişliğı kaçtır? Taşıyıcı frekansı kaçtır? Kiplenmiş sinyal bant genişliğı kaçtır? Kiplenmiş sinyal bant genişliğı k değışkenine bağılı mıdır?
- [10] $k = 0.5$ için $u(t)$ sinyalini ve zarfını çiziniz (2 saniyelik bir süre için çizin ve eksenlerde gerekli yerleri belirtin)
- [5] $k = 2$ için zarf algılayıcı ile kip çözümü yapılabilir mi? Yapılamıyorsa nasıl bir kipçözüm yöntemi uygulanabilir?

a) Conventional AM $W = 1 \text{ Hz}$ $f_c = 10 \text{ Hz}$

kiplenmiş sinyal bant genişliğı 2 Hz

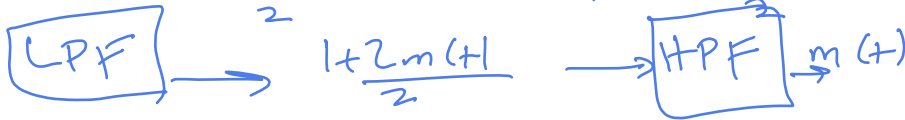
bu değer k 'ya bağılı değildir.



- c) $k=2$ olduğunda kiplenmiş sinyal zarfı bazen negatif değer bu nedenle zarf algılayıcı düzgün çalışmaz.

$$(1 + 2m(t)) \cos(20\pi t) \cos(20\pi t)$$

$$= \frac{1 + 2m(t)}{2} \cos(40\pi t) + \frac{1 + 2m(t)}{2}$$



Soru 3) [20 puan] Aşağıdaki FM kiplenmiş sinyali ele alalım

$$u(t) = \cos(2\pi f_c t + 2\pi k_f \int_{-\infty}^t m(\tau) d\tau)$$

Mesaj sinyali T_0 periyotlu ve +5,-5 arasında salınan $f_0 = 1\text{kHz}$ frekanslı bir kare dalga, çift fonksiyon olsun. Genliği 5 ve frekansı 1000 Hz olan kare dalga'nın Fourier seri açılımı aşağıdaki gibidir

$$m(t) = \frac{20}{\pi} \left(\cos(2\pi 1000t) - \frac{1}{3} \cos(2\pi 3000t) + \frac{1}{5} \cos(2\pi 5000t) - \frac{1}{7} \cos(2\pi 7000t) + \dots \right)$$

$f_c = 10\text{KHz}$, $k_f = 200$ olsun

- [10p] Carson kuralı kullanarak $u(t)$ 'nin bant genişliğini bulunuz. Burada $m(t)$ 'nin bant genişliğini bulmanız gerekecek. Toplam gücün %92'sini içeren bant genişliği olarak tanımlayalım ($\pi^2 = 10$ alın).
- [5p] $u(t)$ 'nin anlık frekansını grafik ile ifade ediniz.
- [5p] Bu sinyal alıcıda ideal bir türev alıcıdan geçirildiğinde oluşan AM sinyalini kipleme indeksi kaçtır?

a) $P_m = 25 = \frac{400}{2\pi^2} \left(1 + \frac{1}{9} + \frac{1}{25} + \frac{1}{49} + \dots \right)$: ilk 3 harmonik
yani $W = 5000\text{Hz}$
 ≈ 1.25

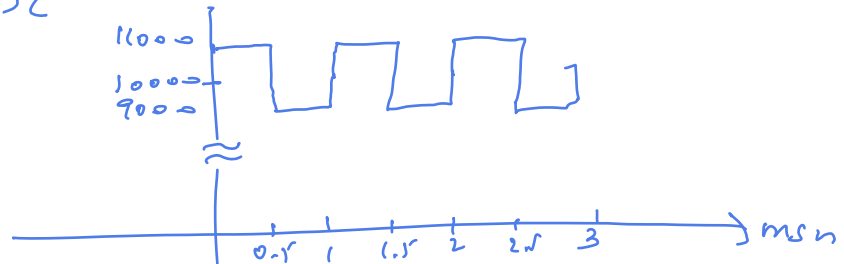
$$\Delta\omega = 2\pi k_f \max|m(t)| = 400\pi \times 5 = 2000\pi$$

$$\beta = \frac{\Delta\omega}{W_m} = \frac{2000\pi}{5000} = 2\pi/5$$

$$W_m = 5000$$

$$2(\beta+1) \times 5000 = B_c \approx 22.6\text{kHz}$$

b) $f_i = f_c + \underset{200}{k_f} m(t)$



c) $\frac{d}{dt} x(t) = -(2\pi f_c + 2\pi k_f m(t)) \sin(2\pi f_c t + 2\pi k_f \int m(\tau) d\tau)$
 $= -2\pi f_c \left(1 + \frac{k_f}{f_c} m(t) \right) \sin(2\pi f_c t + \dots)$

$$\mu = \frac{200}{1000} = 0.02$$

Soru 4) [25 puan] Bir GSM baz istasyonu 900 MHz bandında 40W güç basmaktadır. Baz istasyonu anten kazancı 16.5dB'dir. Cep telefonu anten kazancı 3 dB'dir.

- a) [5p] Baz istasyonu iletim gücü kaç dB'dir?
b) [5p] Alıcıdaki sıcaklık 25 derecedir. $k = 1.38 \times 10^{-23}$, band genişliği 20 MHz'dir. Bu durumda gürültü gücü kaç dBm'dir?
c) [10p] Mesafeye bağlı kayıp $\left(\frac{4\pi d}{\lambda}\right)^2$ 'dir. Burada d uzaklık ve λ dalga boyudur. $d = 500$ metre ise mesafeye bağlı kayıp kaç dB'dir?
d) [50] SNR kaçtır? Alıcıdaki yükseltecin gürültü figürü 10 dB ise SNR ne olur?

a) $10W \rightarrow 10dB$ $40W = 16dB$

b) $273+25=298K$ $kTB = 1.38 \times 10^{-23} \times 298 \times 20 \times 10^6$
 $= 8.22 \times 10^{-14}$
 $N_0 = -100.8 dBm = -130.8 dB$

c) $\left(4\pi 500 \times 3\right)^2$ $\lambda = \frac{3 \times 10^8}{900 \times 10^6} = \frac{1}{3}$
 $= (6000\pi)^2$
 $= 85.5 dB$

d) $16 + 16.5 + 3 - 85.5 + 130.8$

$F = 10dB$. Ursa SNR 10dB azalır.

Soru 5) [15p] Aşağıda bir FM kipleme ve kipçözüm kodu vardır.

- [5p] Oluşan FM sinyalinin matematiksel ifadesini yazınız.
- [5p] Bu FM sinyalinin β değeri kaçtır? Carson kuralına göre bant genişliği yaklaşık olarak kaçtır?
- [5p] Türev alınmasıyla elde edilen AM sinyalinin kipleme indeksi kaçtır?

```
% waveform parameters
Tmax=0.1; fs=10000; t=0:1/fs:Tmax; N = numel(t); dt = 1/fs;
% carrier
fc = 5000; wc = 2*pi*fc; xc = cos(wc*t);
% modulating signal
fm = 30; wm = 2*pi*fm; Am = 1; xm = Am*cos(wm*t);
% FM modulation parameters
A = 1; kf = 2*pi*10;
% integral of xm
xmi = cumsum(xm)*dt;
% combine with carrier to produce FM
xfm = A*cos(wc*t + kf*xmi);
% first stage of FM demodulation - differentiation to produce AM
dxfm = diff(xfm)/dt;
tau=1/100;
mhat(1)=0;
for n=2:numel(dxfm)
    if mhat(n-1)>dxfm(n-1)
        mhat(n)=mhat(n-1)*exp(-dt/tau);
    else
        mhat(n)=dxfm(n-1);
    end
end
mhat=mhat-mean(mhat)
```

a)

$$A \cos(2\pi f_c t + k_f \int m(z) dz)$$

$\downarrow$ $\downarrow$

5000 $2\pi \cdot 10$

$$\cos(10000\pi t + 20\pi \int \cos(60\pi t) dt)$$

b)

$$\cos(10000\pi t + \frac{20\pi}{60\pi} \sin(60\pi t))$$

$\beta = 1/3$

$$2\left(\frac{4}{3}\right)30 = 80 \text{ Hz} = B_c$$

c)

$$\frac{d}{dt} \cos(10000\pi t + 20\pi \int \cos(60\pi t) dt)$$
$$= (10000\pi + 20\pi \cos(60\pi t)) \sin$$
$$\mu = \frac{20\pi}{10000\pi} = \frac{2}{5000}$$

$10 \log_{10}(\cdot)$	$2(\beta + 1)W$	$\frac{70\lambda}{D}$	$\left(\frac{\pi D}{\lambda}\right)^2$
kTB	$\sqrt{1+x}$ $\approx 1 + \frac{x}{2}$	$\lambda = \frac{c}{f}, \quad c = 3 \times 10^8$	$P = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} x^2(t) dt$
$u(t) = \cos(2\pi f_c t + 2\pi k_f \int_{-\infty}^t m(\tau) d\tau)$		$u(t) = m(t) \cos(\omega_c t) + A_c \cos(\omega_c t)$	
$F_{12} = F_1 + (F_2 - 1)/G_1$	a_0 $= \frac{1}{T} \int_0^T x(t) dt$	a_k $= \frac{2}{T} \int_0^T x(t) \cos\left(2\pi \frac{k}{T} t\right) dt$	b_k $= \frac{2}{T} \int_0^T x(t) \sin\left(2\pi \frac{k}{T} t\right) dt$
$x(t) = a_0 + a_1 \cos\left(2\pi \frac{t}{T}\right) + b_1 \sin\left(2\pi \frac{t}{T}\right) + a_2 \cos\left(2\pi \frac{2t}{T}\right) + b_2 \sin\left(2\pi \frac{2t}{T}\right) + a_3 \cos\left(2\pi \frac{3t}{T}\right) + b_3 \sin\left(2\pi \frac{3t}{T}\right) \dots$			
$\text{sinc}(t) = \frac{\sin(\pi t)}{(\pi t)}$	$X_{rc}(f) = \begin{cases} T, & 0 \leq f \leq \frac{1-\beta}{2T} \\ \frac{T}{2} \left[1 + \cos\left(\frac{\pi T}{\beta} \left(f - \frac{1-\beta}{2T}\right)\right) \right] & \frac{1-\beta}{2T} \leq f \leq \frac{1+\beta}{2T} \\ 0, & \frac{1+\beta}{2T} \leq f \end{cases}$		
$\Delta f = f_c \times \frac{v}{c}$	$x_{rc}(t) = \text{sinc}\left(\frac{t}{T}\right) \frac{\cos\left(\frac{\pi \beta t}{T}\right)}{1 - \frac{4\beta^2 t^2}{T^2}}$		$\omega_{IM} = \omega_{RF} + 2 \times \omega_{IF}$
Table 3.1 Summary of useful trigonometric formulas. $\sin(\alpha + \beta)$ $=$ $\sin \alpha \cos \beta + \cos \alpha \sin \beta$ $\sin(\alpha - \beta)$ $=$ $\sin \alpha \cos \beta - \cos \alpha \sin \beta$ $\cos \alpha + \beta)$ $=$ $\cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta$ $\cos(\alpha - \beta)$ $=$ $\cos \alpha \cos \beta + \sin \alpha \sin \beta$ $\sin \alpha \sin \beta$ $=$ $[\cos(\alpha - \beta) - \cos(\alpha + \beta)]/2$ $\cos \alpha \cos \beta$ $=$ $[\cos(\alpha - \beta) + \cos(\alpha + \beta)]/2$ $\sin \alpha \cos \beta$ $=$ $[\sin(\alpha + \beta) + \sin(\alpha - \beta)]/2$ $\cos \alpha \sin \beta$ $=$ $[\sin(\alpha + \beta) - \sin(\alpha - \beta)]/2$ $\sin 2\theta$ $=$ $2 \sin \theta \cos \theta$ $\cos 2\theta$ $=$ $\cos^2 \theta - \sin^2 \theta$ $\sin^2 \theta$ $=$ $(1 - \cos 2\theta)/2$ $\cos^2 \theta$ $=$ $(1 + \cos 2\theta)/2$			