GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

ELM 368 SAYISAL İŞARET İŞLEME LABORATUVARI

ÖN HAZIRLIK ÇALIŞMASI

Laboratuvar 5

1 AMAÇ

- İşaretlerin örneklenmesi
  - Örneklemenin zaman domaininde incelenmesi
  - Örneklemenin frekans domaininde incelenmesi
- Örtüşme
  - Zaman domaininde örtüşmenin etkisi
  - Frekans domaininde örtüşmenin etkisi
- Sürekli zamanlı işaretin yeniden elde edilmesi
  - Zaman domaininde
  - Frekans domaininde
- Kuantalama

2 ÖZET BİLGİ VE KODLAR

2.1 Sürekli zamanlı bir işaretin grafiğinin çizdirilmesi

Aşağıda sürekli zamanlı bir $x(t)$ sinyali için örnek verilmektedir.

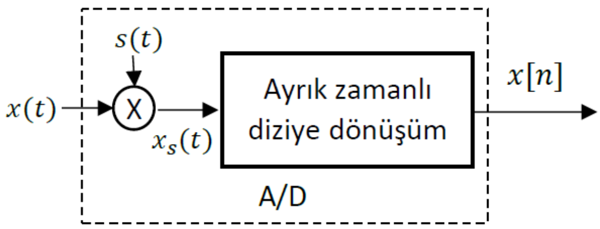
Örnek 1: $x(t) = 5\cos\,(200\pi t)$ işaretinin iki periyot boyunca grafiğinin çizdirilmesi için yazılan Python Jupyter kodu şöyledir:

```
import matplotlib.pyplot as plt  # grafik çizimi için gerekli kütüphanenin aktifleştirilmesi

import numpy as np              # dizi işlemleri için kütüphane aktif hale getirilir.

 F=100  # x işaretinin temel frekansı

T=1/F # x işaretinin temel periyodu

t=np.arange(0.,2*T,0.0001)     # x işaretine ait t değişkeninin tanımlanması(2 periyot boyunca)

x=5*np.cos(200*np.pi*t)  # x(t) işaretinin tanımlanması

plt.xlabel("t")                 # grafiğin x ekseninin isimlendirilmesi

plt.title("x(t)=5*cos(200*pi*t)") # Grafik başlığının oluşturulması

plt.plot(t,x)       # işaretin grafiğinin çizdirilmesi

plt.show()      # grafiklerin gösterilmesini sağlar
```

3 ÖRNEKLEME İŞLEMİ

3.1 Sürekli zamanlı bir işaretin örneklenerek ayrık zamanlı işaretin elde edilmesi ve örnekleme frekansının etkisinin incelenmesi

Sürekli zamanlı bir $x(t)$ sinyali aşağıda verilen blok şemadaki gibi örneklenmektedir. $x(t)$ sinyalinden $x[n]$ sinyalinin teorik olarak elde edilmesi ise Eş.(1)'deki gibi olmaktadır.



$$x[n] = x(nT_s) = x(t)|_{t \leftarrow nT_s} \tag{1}$$

Yukarıdaki eşitlikte verildiği üzere ayrık zamanlı $x[n]$ işaretini elde etmek için sürekli zamanlı $x(t)$ sinyalinde t değişkeni yerine nTs yazılmaktadır. Eşitlikte yer alan T_s, örnekleme periyodunu belirtmektedir ve örnekleme frekansı olan F_s ile aralarında şu bağıntı vardır:

$$T_s = \frac{1}{F_s} \tag{2}$$

Sürekli zamanlı bir $x(t)$ sinyali örneklenirken aşağıda verilen Nyquist şartının sağlanıp sağlanmadığına dikkat edilmesi gerekir. Aksi halde birbirini 2π'ye tamamlayan ayrık zamanlı sinyallerde örtüşme meydana gelir.

$$F_s \geq 2F_N \tag{3}$$

Yukarıda verilen F_N frekansı, $x(t)$ işaretinin temel frekansını temsil etmektedir.

Örnek 2: Örnek 1'de verilen $x(t) = 5\cos{(200\pi t)}$ işaretini $F_s = 2200\ Hz$ için örnekleyerek grafiğini iki periyot boyunca çizdiriniz.

$x(t) = 5\cos{(200\pi t)}$ işaretinin temel frekansı $F_N = 100\ Hz$' dir. $F_s = 2200\ Hz$ için Nyquist şartına bakıldığında şartın sağlandığı açıkça görülmektedir.

Aşağıda $x[n]$ ayrık zamanlı işaretinin elde edilmesi ve iki periyot boyunca çizdirilmesi için yazılan kodlar verilmektedir. $x[n]$ işareti oluşturulurken bir periyottaki toplam örnek sayısını temsil eden N değerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu değerin belirlenmesi için izlenen yol şu şekildedir:

1- $x[n]$ işareti Eş.(1) yardımıyla elde edilir.

2- $x[n]$ işaretinin ω açısal frekans değeri okunur.

3- $\omega = \frac{2\pi k}{N}$ eşitliğini sağlayan N değeri bulunur.

Bu işlemleri sırası ile yaparsak:

1- $x[n] = 5\cos(\frac{\pi n}{11})$

2- $\omega = \frac{\pi}{11}$

3- $\omega = \frac{\pi}{11} = \frac{2\pi k}{N}$ eşitliğinden $k = 1$ için N değeri 22 örnek olarak bulunur.

```
import matplotlib.pyplot as plt  # grafik çizimi için gerekli kütüphanenin aktifleştirilmesi

import numpy as np              # dizi işlemleri için kütüphane aktif hale getirilir.

Fs=2200    # örnekleme frekansının tanımlanması

Ts=1/Fs   # örnekleme periyodunun tanımlanması

N=22      # örnek sayısının tanımlanması

n=np.arange(0.,2*N)   # örnekleme indisinin 0'dan iki periyot olacak şekilde array olarak tanımlanması

xn=5*np.cos(200*np.pi*n*Ts)  #örneklenmiş x[n] işaretinin tanımlanması

plt.stem(n,xn)      # x[n] işaretinin grafiğinin çizdirilmesi

plt.title("x[n]")   # x[n] işaretinin grafiğinin isimlendirilmesi

plt.xlabel("örnek") # grafiğin x ekseninin isimlendirilmesi

plt.ylabel("x[n]")  # grafiğin y ekseninin isimlendirilmesi

plt.show()      # grafiğin gösterilmesi
```

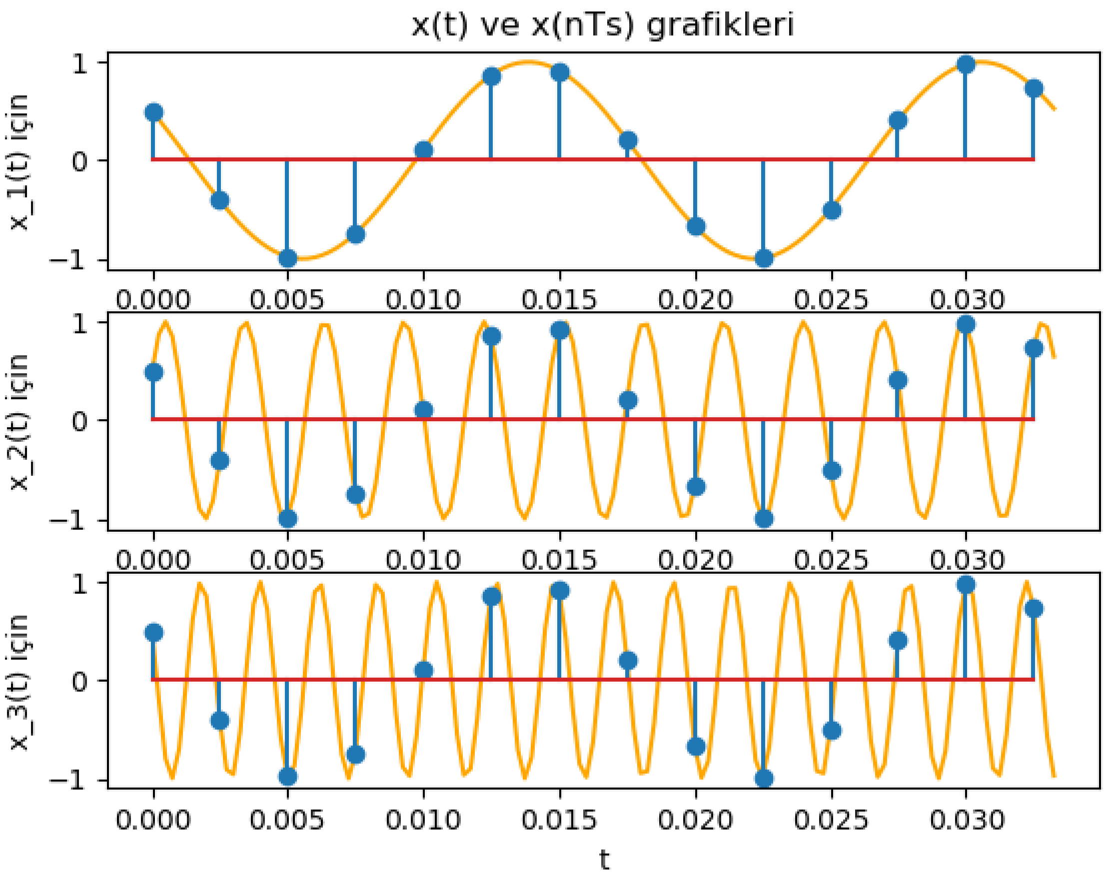
EK ÇALIŞMA: Örnek 2'yi $F_s = 550\ Hz$ için tekrarlayınız ve örnekleme frekansının etkisini elde ettiğiniz grafiklere bakarak yorumlayınız.

3.2 Örtüşmenin zaman domaininde incelenmesi

Bu bölümde, örtüşme konusu zaman domaininde bir örnek üzerinden incelenecektir.

Örnek 3: $x_1(t) = cos(2\pi 60t + \frac{\pi}{3})$, $x_2(t) = cos(2\pi 340t - \frac{\pi}{3})$ ve $x_3(t) = cos\left(2\pi 460t + \frac{\pi}{3}\right)$ sürekli zamanlı sinyalleri, $F_s = 400\ Hz$ ile örneklenmektedir. Şekil 1'de sürekli zamanlı $x(t)$ sinyalleri ve her işaretin örneklenmesi sonucunda Eş.(1)'de verilen $x(nT_s)$ grafikleri beraber verilmiştir. Grafikte açıkça görüldüğü üzere $x(t)$ sürekli zamanlı sinyaller birbirinden farklı olmasına rağmen elde edilen $x(nT_s)$ grafikleri aynı çıkmıştır. $x_1(t)$ sinyali Nyquist şartını sağlamaktadır ve örtüşme söz konusu değildir. $x_2(t)$ ve $x_3(t)$ sinyalleri için ise Nyquist şartı sağlanmamaktadır. Dolayısıyla $x_2(t)$ ve $x_3(t)$ sinyalleri için çizdirilen $x(nT_s)$ grafiklerinin, $x_2(t)$ ve $x_3(t)$ sinyallerini düzgün bir şekilde temsil etmediği ve örtüşme meydana geldiği açıkça görülmektedir.

NOT: $x[n]$ ile $x(nT_s)$ grafikleri arasındaki fark, $x[n]$ işareti için *x* ekseni *n* indis değerlerini (*n* değerleri tam sayılardan oluşmaktadır ve birimi *örnek*'tir) belirtir ve $x(nT_s)$ işareti için ise *x* ekseni her iki örnek arası T_s olacak şekilde *t* değerlerini belirtir ve birimi saniyedir. Eksen birimlerinin uyuşmazlığı nedeniyle $x(t)$ ve $x[n]$ sinyalleri tek bir grafikte çizdirilemez. Bu nedenle aşağıdaki grafiklerde $x(t)$ ve $x(nT_s)$ grafikleri çizdirilmiştir. Grafikleri elde etmek için **Örnek3.ipynb** kodunu çalıştırınız.



Şekil 1. Üç farklı sinyalin aynı $\boldsymbol{F_s}$ ile örneklenmiş grafiği

EK AÇIKLAMA: $x_1(t)$,$x_2(t)$ ve $x_3(t)$ sinyallerinin $F_s = 400\ Hz$ ile Eş.(1) yardımıyla örneklenmesi sonucunda elde edilen ayrık zamanlı $x[n]$ işaretleri aşağıda verilmiştir.

$$x_1[n] = cos(0{,}3\pi n + \frac{\pi}{3})$$
$$x_2[n] = cos\left(1{,}7\pi n - \frac{\pi}{3}\right) = cos(0{,}3\pi n + \frac{\pi}{3})$$
$$x_3[n] = cos\left(2{,}3\pi n + \frac{\pi}{3}\right) = cos(0{,}3\pi n + \frac{\pi}{3})$$

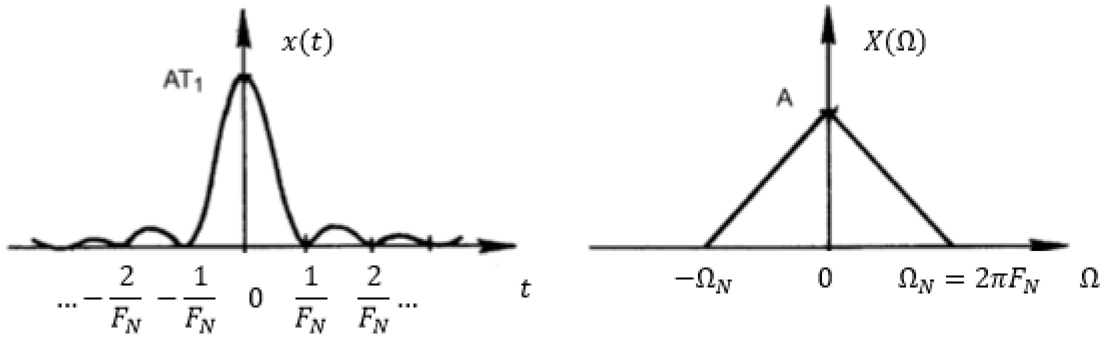
Görüldüğü üzere birbirini 2π'ye tamamlayan sinüsoidal işaretler aynı işarete karşılık gelmektedir.

3.3 Örtüşmenin frekans domaininde incelenmesi

Bu bölümde, örtüşme konusu frekans domaininde bir örnek üzerinden incelenecektir.

Örnek 4: $x(t) = sinc^2(200\pi t)$ işaretini sırasıyla $F_s = 1000\ Hz, 600\ Hz, 300\ Hz$ ve $100\ Hz$ ile örnekleyelim. Fakat $sinc()$ işaretinin periyodik sinüzoidal bir işaret olmadığına dikkat edilmelidir.

Öncelikle $x(t)$ işaretinin temel frekansı F_N değerini belirleyerek, işaretin bant genişliğini bulalım. $x(t)$ işaretinin genel anlamda $sinc^2(2\pi Ft)$ olduğunu varsayarsak, bu işaretin temel frekansı $F_N = 2F$'dir ve zaman domaini ile frekans domaini arasındaki ilişki Şekil 2'de verilmektedir.

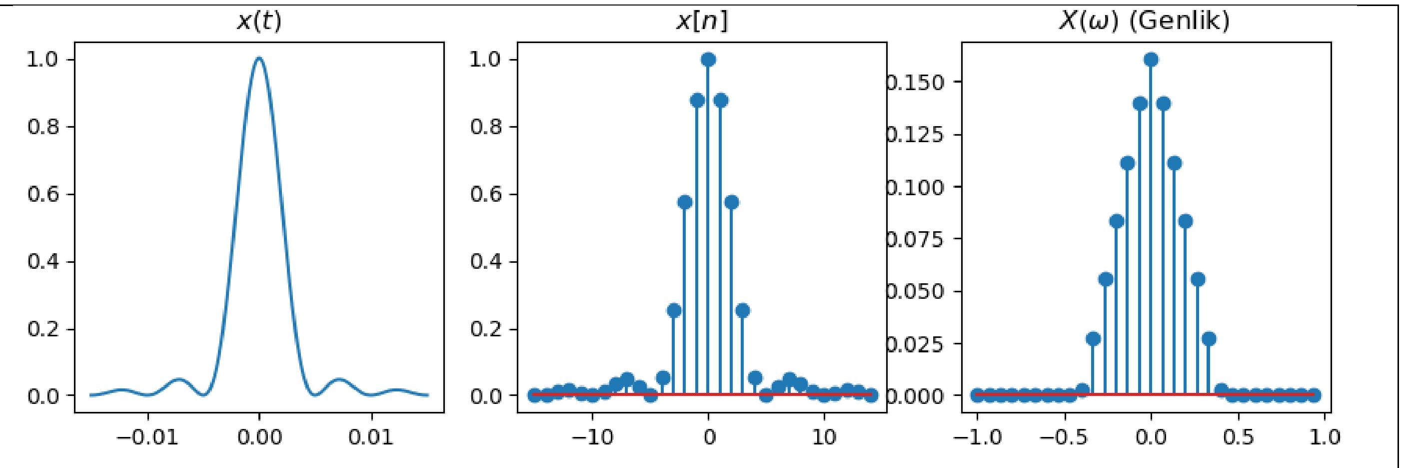
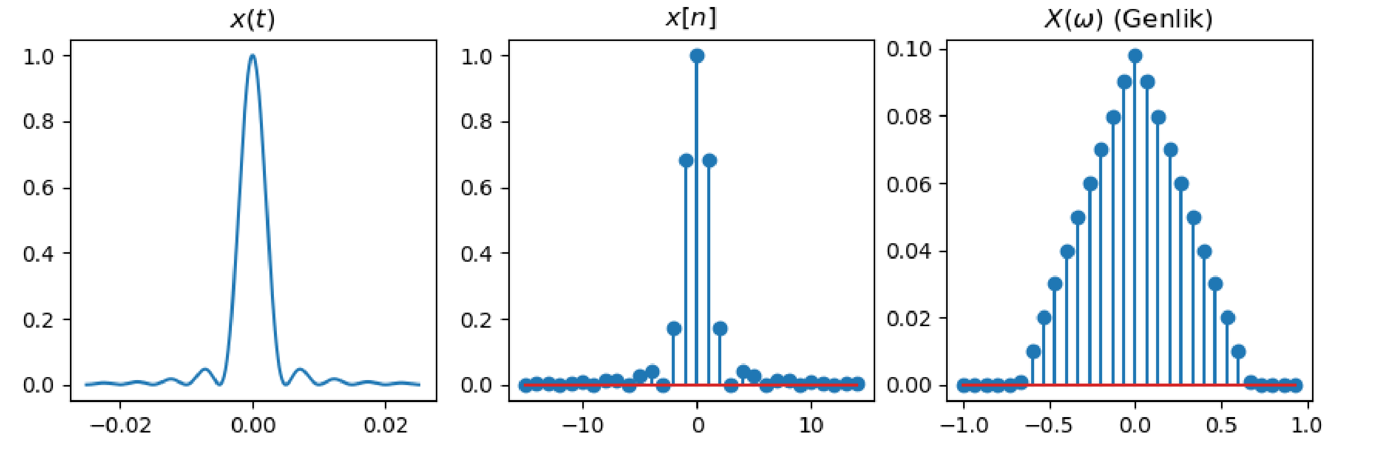
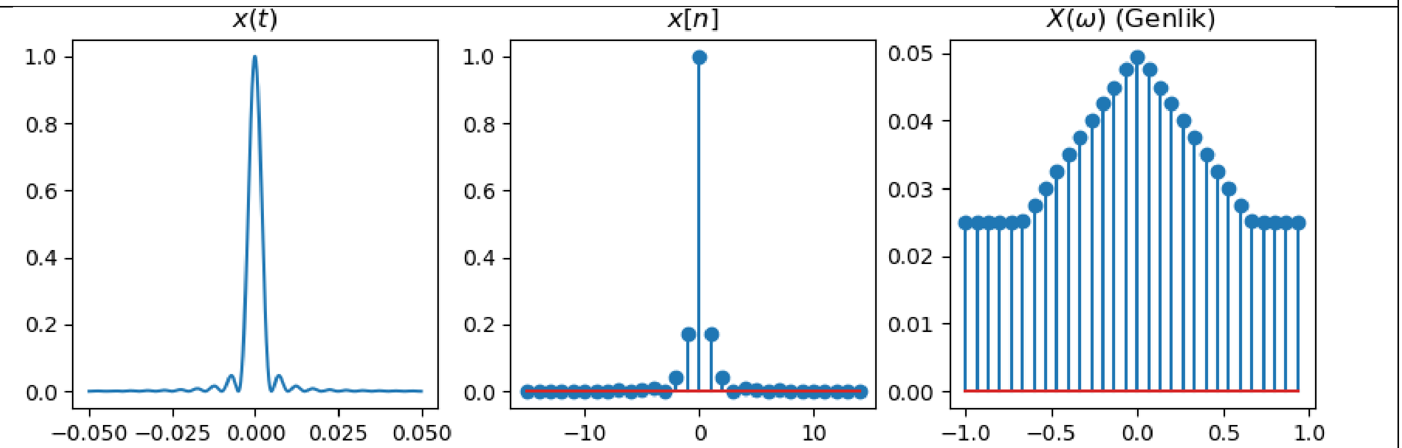
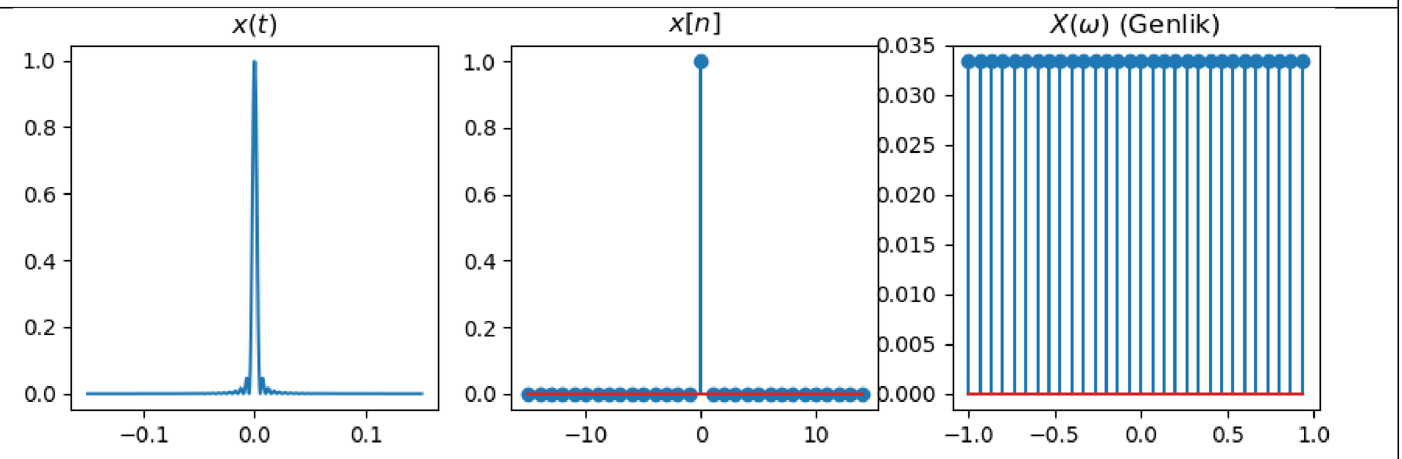


Şekil 2. $\boldsymbol{sinc^2}(.)$ işaretinin zaman ve frekans domainindeki grafikleri

Verilen bilgiler doğrultusunda örneğimizde ele aldığımız $x(t)$ işaretinin bant genişliği $\Omega_N = 400\pi$, temel frekansı $F_N = 200\ Hz$ olarak bulunur. Dolayısıyla Eş.(3)'te verilen Nyquist şartına göre işaretin en az $F_s = 400\ Hz$ ile örneklenmesi gerekir ki örtüşme meydana gelmesin, aksi halde örtüşme meydana gelecektir. Şimdi bu bilgiler doğrultusunda $x(t)$ işaretimizi sırasıyla $F_s = 1000\ Hz, 600\ Hz, 300\ Hz$ ve $100\ Hz$ ile örnekleyelim. Örnekleme sonucunda elde edilen grafikler

Tablo **1**'de verilmektedir. $x[n]$ ve $X(\omega)$ işaretlerinin formunun daha belirgin olması için tüm ayrık zamanlı grafiklerde toplam örnek sayısı 30 olarak alınmıştır ve örnek sayılarının aynı alınması dolayısıyla farklı F_s'ler için çizdirilen $x(t)$ işaretinin uzunlukları farklı olmaktadır. Nyquist şartını sağlamayan $F_s = 300\ Hz$ ve $F_s = 100\ Hz$ için $X(\omega)$ grafiklerinde açıkça görüldüğü üzere örtüşme meydana gelmiştir. Dahası $F_s = 100\ Hz$ için örneklenen işaret $x[n]$ grafiğinde görüldüğü üzere $sinc(.)$ yerine $\delta[n]$ işaretini temsil etmektedir. Bu durum aynı işaretin $X(\omega)$ grafiğine bakıldığında da anlaşılmaktadır. Çünkü frekans domaininde üçgen darbe yerine sabit değerler görmekteyiz ve hatırlanacağı üzere $X(\omega)$ domaininde tüm frekanslarda sabit değerlere sahip olan işaret $\delta[n]$ işaretidir.

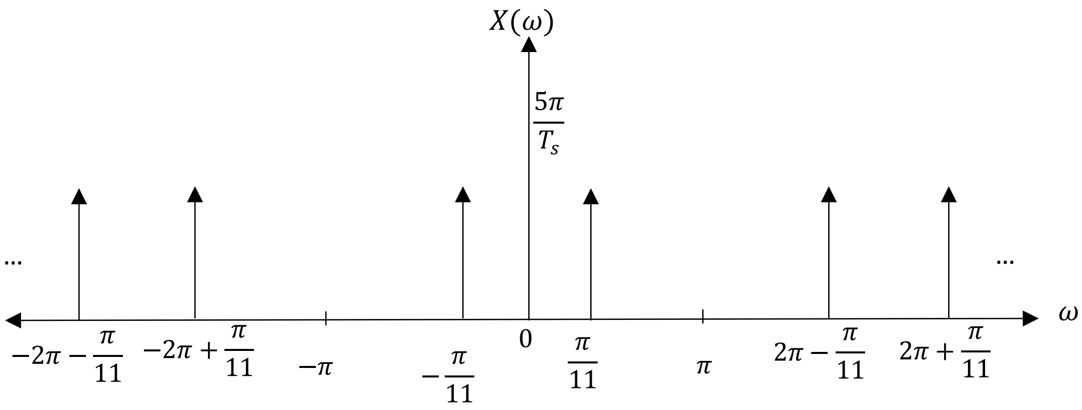
Tablo 1. Farklı F_s değerleri için $x(t), x[n]$ ve $X(\omega)$ işaretlerinin grafikleri

$F_s = 1000\ Hz$ için	
$F_s = 600\ Hz$ için	
$F_s = 300\ Hz$ için	
$F_s = 100\ Hz$ için	

3.4 Ayrık zamanlı bir işaretin Fourier transformunun genlik ve faz grafiğinin çizdirilmesi

Örnek 5: Örnek 1'de verilen sürekli zamanlı $x(t) = 5\cos(200\pi t)$ işaretinin $F_s = 2200\ Hz$ ile örneklenmesi sonucunda (Örnek 2'de) elde edilen ayrık zamanlı $x[n]$ işaretini, frekans domaininde inceleyelim.

$x[n] = 5\cos(\frac{\pi n}{11})$ olmak üzere $x[n]$ işaretinin Fourier transformunun grafiği aşağıda verilmektedir.



Şekil 3. $X(\omega)$ grafiği

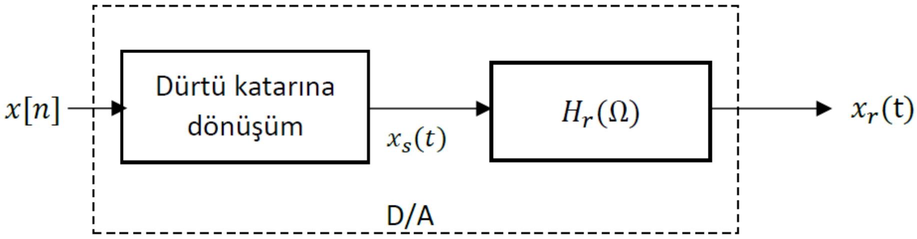
Grafikte de açıkça görüldüğü üzere $x[n]$ işaretinin Fourier transformu 2π ile periyodiktir.

Şimdi bu işaretin Fourier transformunu Python Jupyter aracılığıyla **Örnek5.ipynb** kodunu çalıştırarak çizdirelim. **NOT:** Bilindiği üzere $X(\omega)$ işareti kompleks bileşenlerden oluşmaktadır. Bu nedenle işaret genlik ve faz olarak ayrı grafiklerde gösterilmektedir.

4 Sürekli zamanlı işaretin yeniden elde edilmesi

4.1 Sürekli zamanlı sinyalin frekans domaininden elde edilmesi

Ayrık zamanlı bir $x[n]$ sinyali aşağıda verilen blok şemada gösterildiği gibi yeniden oluşturma (reconstruction) filtresi olan $H_r(\Omega)$'dan geçirilerek yeniden elde edilir. $H_r(\Omega)$ filtresi, kazancı T_s, kesim frekansı $\frac{\Omega_s}{2} = \pi F_s$ olan bir alçak geçiren filtredir.

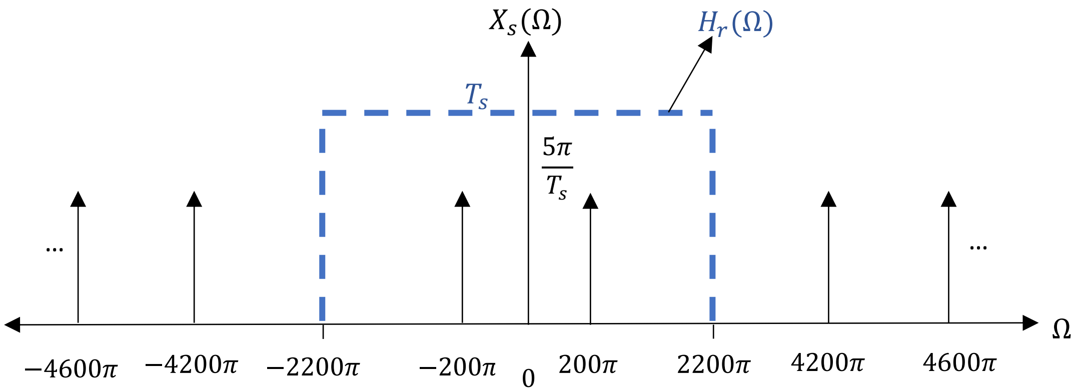


Örnek 6: Sürekli zamanlı $x(t) = 5\cos(200\pi t)$ işaretinin $F_s = 2200\ Hz$ ile örneklenmesi sonucunda (Örnek 2'de) elde edilen ayrık zamanlı $x[n] = 5\cos(\frac{\pi n}{11})$ işareti için yeniden oluşturulmuş sürekli zamanlı sinyali olan $x_r(t)$ işaretini elde edelim.

Şekil 3'de $x[n]$ işaretinin Fourier transformu $X(\omega)$ grafiği verilmektedir. $X_s(\Omega)$ grafiği Eş.(4) yardımıyla Şekil 4'deki gibi elde edilmektedir.

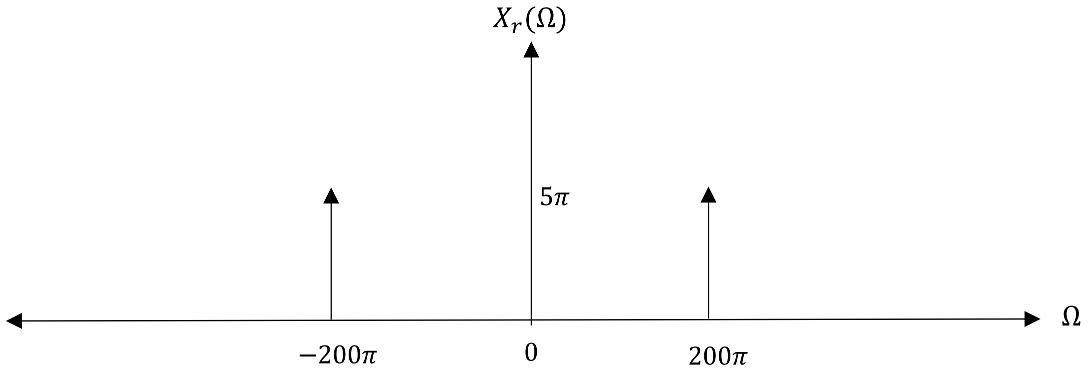
$$\Omega = \omega F_s \tag{4}$$

Şekil 4'de yer alan ve kesikli çizgiler ile gösterilen alçak geçiren filtre $H_r(\Omega)$ filtresini temsil etmektedir. (**NOT:** $H_r(\Omega)$ filtresi sürekli zamanlıdır ve periyodik değildir.)



Şekil 4. $\mathbf{X_s(\Omega)}$ ve $\mathbf{H_r(\Omega)}$ grafiği

$X_s(\Omega)$ işaretinin $H_r(\Omega)$ ile frekans domaininde çarpılması sonucunda $X_r(\Omega)$ aşağıdaki gibi elde edilir.



Şekil 5. $\mathbf{X_r(\Omega)}$ grafiği

Şekil 5'te verilen grafikten genlik ve frekans değerleri okunduğunda açıkça görüldüğü üzere zaman domainindeki sürekli zaman işareti, $x_r(t) = 5\cos(200\pi t)$ işaretidir ve bu işaret başlangıçta verilen $x(t)$ sürekli zamanlı sinyali ile aynıdır. Bunun nedeni $x(t)$ sinyalinin Nyquist şartına uygun olarak örneklenmiş olmasıdır. Aksi halde örtüşme meydana gelecek ve $x(t)$ sinyali düzgün bir şekilde (herhangi bir bozulma olmaksızın) elde edilemeyecekti.

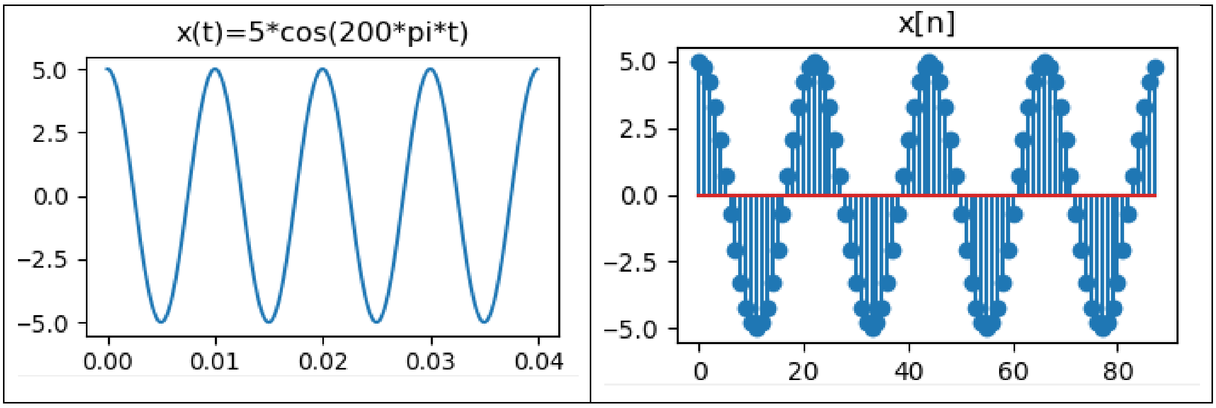
4.2 Sürekli zamanlı sinyalin zaman domaininden elde edilmesi

Bilindiği üzere frekans domainindeki kare darbe işareti, zaman domaininde $sinc(.)$ işaretine karşılık gelmektedir. Ayrıca Fourier transformunun Eş. (5)'te verilen konvolüsyon özelliği mevcuttur. Bu iki bilgi ışığında $x[n]$ işaretinden $x_r(t)$ işareti elde edilirken, Bölüm 4.1'de belirtilen frekans domainindeki AGF'den geçirme işlemi yerine zaman domaininde Eş.(6)'da verildiği gibi $sinc(.)$ işareti ile konvolüsyon yapılabilir.

$$X(\omega)H(\omega) \leftrightarrow x[n] * h[n] \tag{5}$$

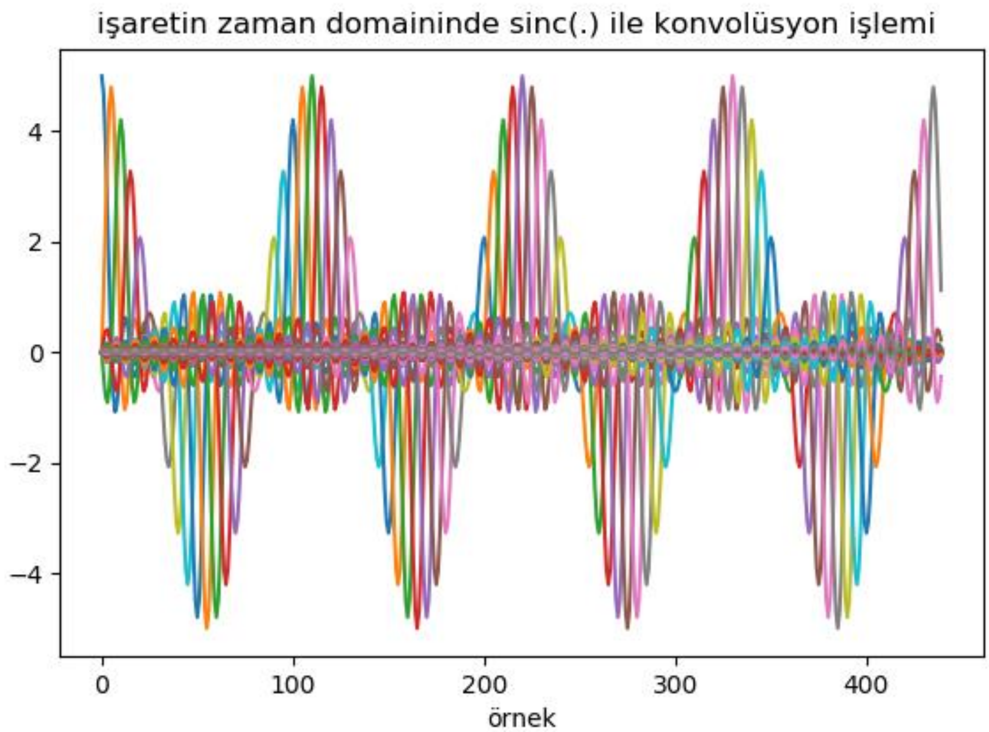
$$x_r(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x[n]h(t - nT_s) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x[n]sinc\left(\frac{t - nT_s}{T_s}\right) \tag{6}$$

Örnek 7: Örnek 6'da elde edilen $x(t)$ sinyalini, bu kez zaman domaininden elde edelim. Bu amaçla öncelikle $x(t) = 5\cos(200\pi t)$ işaretini dört periyot boyunca çizdirelim. Ardından $F_s = 2200\ Hz$ ile örneklenmesi sonucunda (Örnek 2'de) elde edilen ayrık zamanlı $x[n] = 5\cos(\frac{\pi n}{11})$ işaretini dört periyot boyunca çizdirelim. Elde edilen her iki grafik Şekil 6'te verilmektedir.

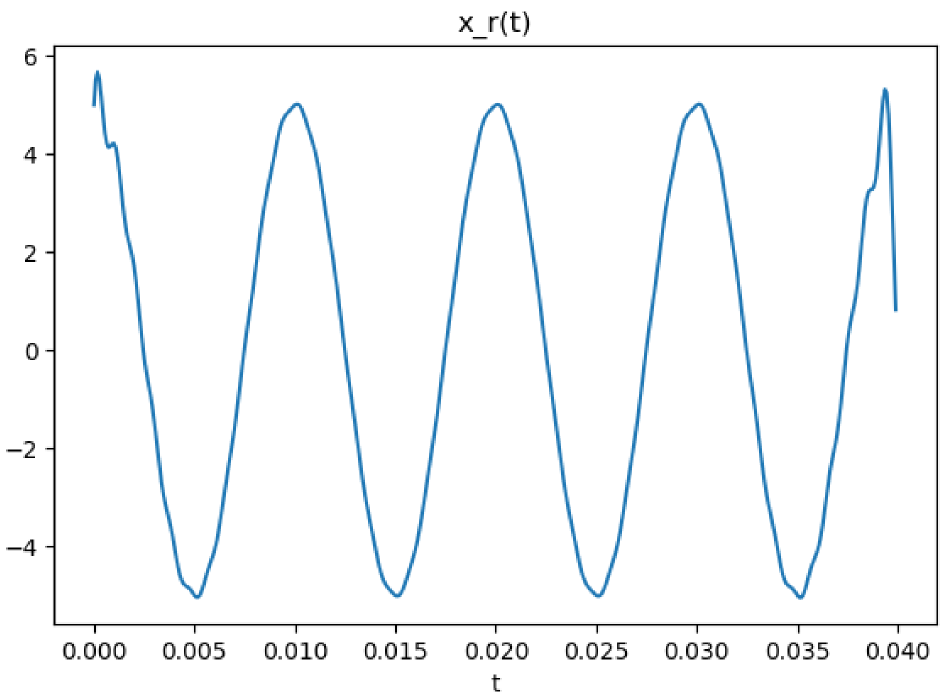


Şekil 6. Sürekli ve ayrık zamanlı işaretlerin grafikleri

$x[n]$ işareti ile $h[n]$ işaretinin konvolüsyonu alınırken elde edilen bileşenler, her bileşen ayrı renk olacak şekilde Şekil 7'te gösterilmektedir. Şekil 8'da ise her bileşenin toplanmasıyla elde edilen sürekli zamanlı işaret çizdirilmiştir. Şekil 6'te çizdirilen orijinal $x(t)$ sürekli zamanlı işareti ile Şekil 8'da grafiği verilen ve ayrık zamanlı $x[n]$ işaretinden elde edilen $x_r(t)$ sürekli zamanlı işareti karşılaştırıldığında, iki grafik arasında (özellikle işaretin başlangıç ve bitiş kısımlarında) küçük farkların olduğu açıkça görülmektedir. Bunun nedeni, teorikte $sinc(.)$ işareti $-\infty$ ve $+\infty$ arasında değer alırken pratikte değerlerin bu aralıkta alınamayıp, Şekil 7'te de görüldüğü üzere sadece belirli bir aralıkta alınmasından kaynaklanmaktadır. Bu etkinin daha iyi anlaşılabilmesi için Şekil 8'da grafiğin orta kısmında yer alan bileşene odaklanalım. Görüldüğü üzere orta kısımdaki 0.015 ve 0.025 saniyeleri arasındaki işaret, uç kısımlardakinden daha düzgün bir yapıdadır. Bunun nedeni Şekil 7'te görüldüğü üzere orta kısma etki eden daha fazla $sinc(.)$ bileşeninin bulunmasıdır.



Şekil 7. İşaretin zaman domaininde sinc(.) ile konvolüsyonu sonucunda elde edilen bileşenler



Şekil 8. Şekil 7'te yer alan bileşenlerin toplanması ile elde edilen sürekli zamanlı işaret

NOT: Bu bölümde yer alan grafiklerin elde edilmesi için ekte verilen **Örnek7.ipynb** kodunu çalıştırınız.

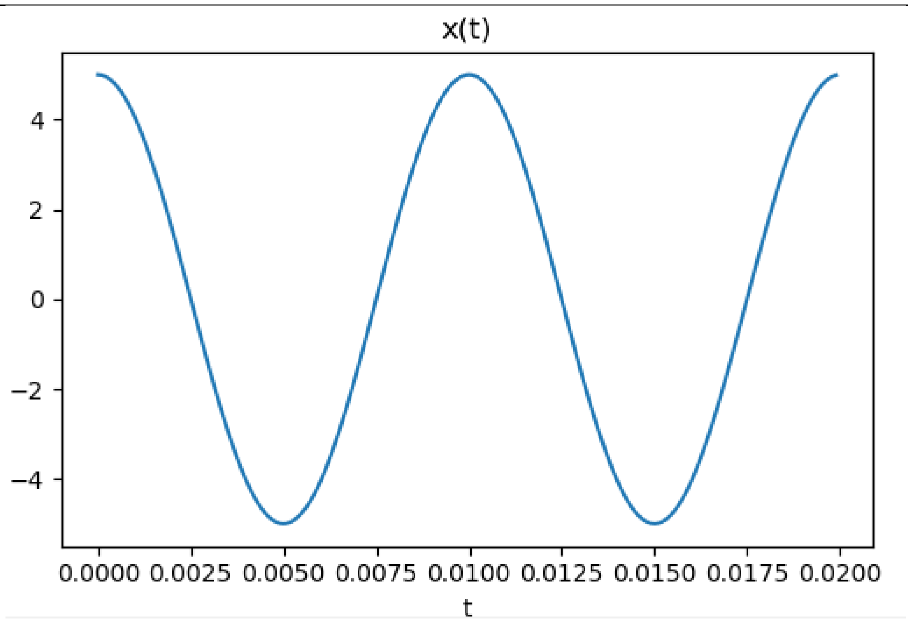
5 Kuantalama

Bu bölümde, bir işaretin kuantalanması konusuna temel olarak değinilecektir. Bu amaçla aşağıdaki verilen örnek aracılığıyla işaretin kaç bit ile ifade edilmesi ile işaretin kuantalama adım aralığı arasındaki ilişkinin incelenmesi amaçlanmıştır.

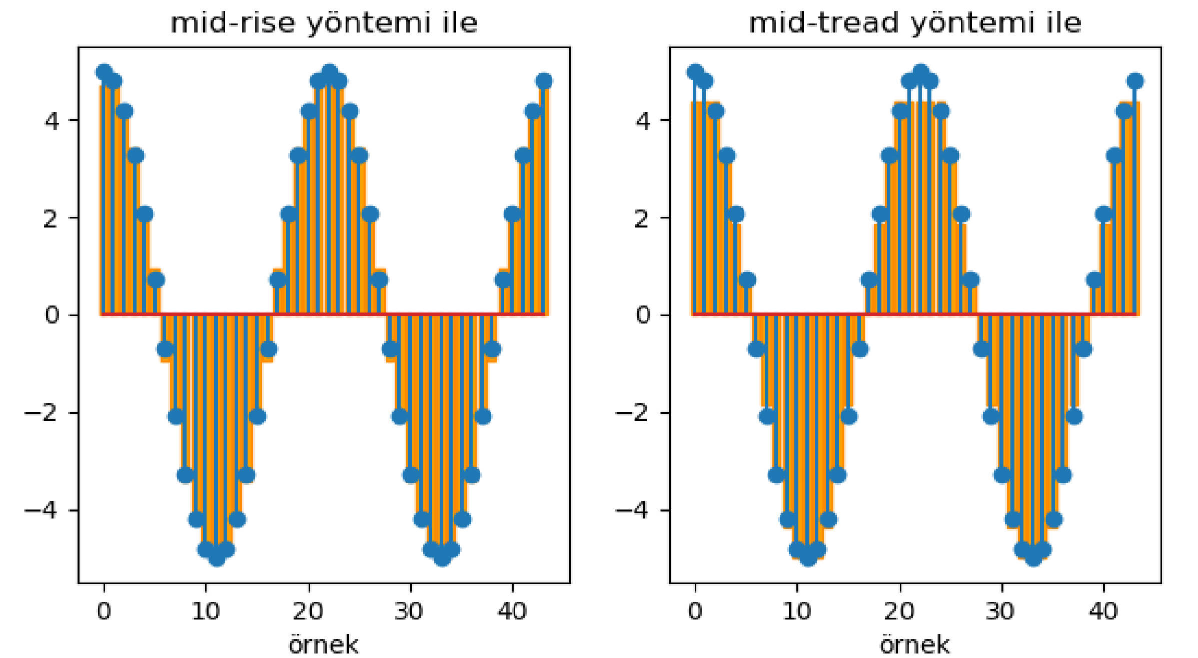
Örnek 8: Örnek 1'de $x(t) = 5\cos\,(200\pi t)$ işaretinin, Örnek 2'de ise bu işaretin $F_s = 2200\,Hz$ ile örneklenmesiyle elde edilen $x[n] = 5\cos(\frac{\pi n}{11})$ işaretinin grafikleri iki periyot boyunca çizdirilmişti. Aşağıdaki tablolarda bu işaretin kuantalanarak farklı sayıda bitler ile ifade edilmesi durumunda işaret değerlerindeki yuvarlamalar grafikler aracılığıyla gösterilmiştir.

Genel olarak farklı kuantalama yöntemleri vardır. Bu bölümde bu yöntemlerden ikisi olan mid-rise ve mid-tread yöntemleri ele alınacak ve Tablo 2'de verilen örnek grafikler üzerinden konu detaylandırılacaktır.

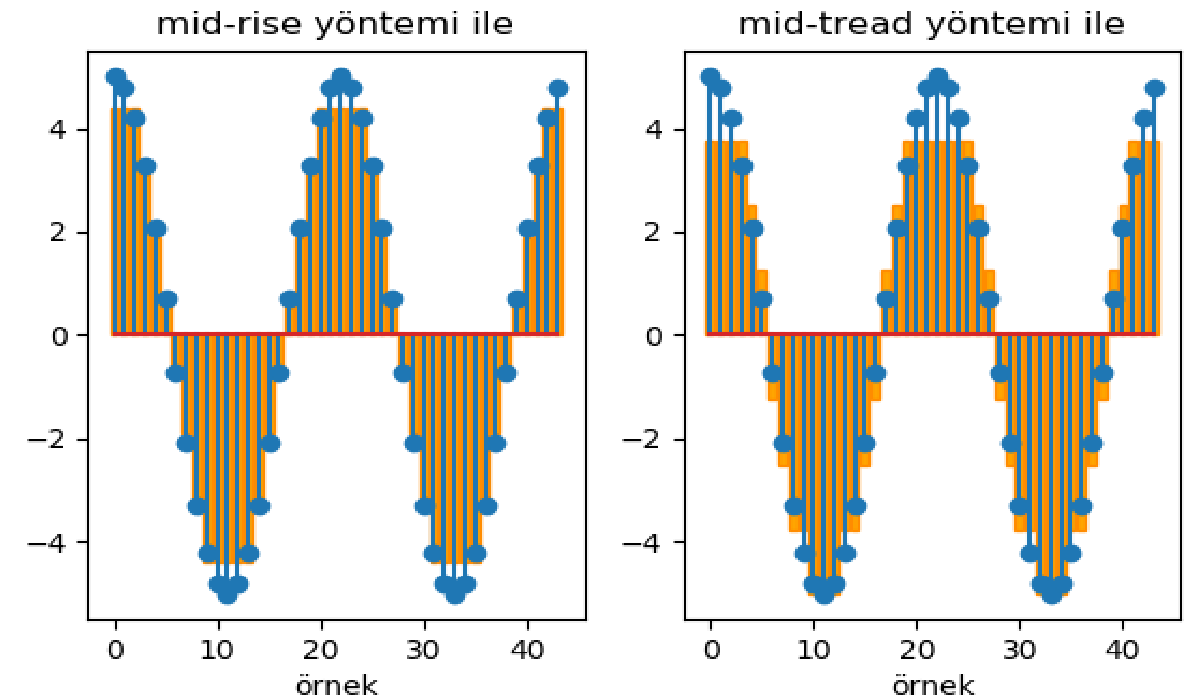
Tablo 2. İşaretin farklı sayıda bitler ile ifade edilmesi durumunda kuantalanmış işaret grafikleri

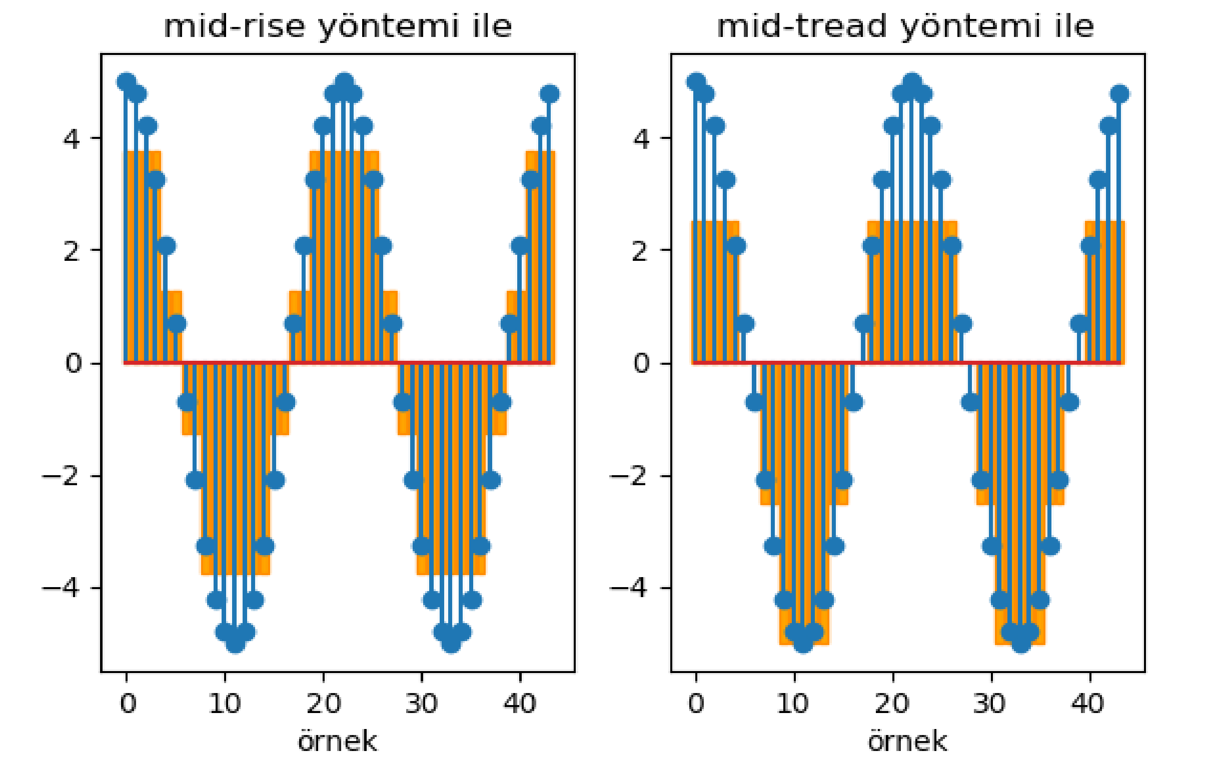
Sürekli zamanlı işaret	

İşaretinde 4 bit ile ifade edilmesi durumu

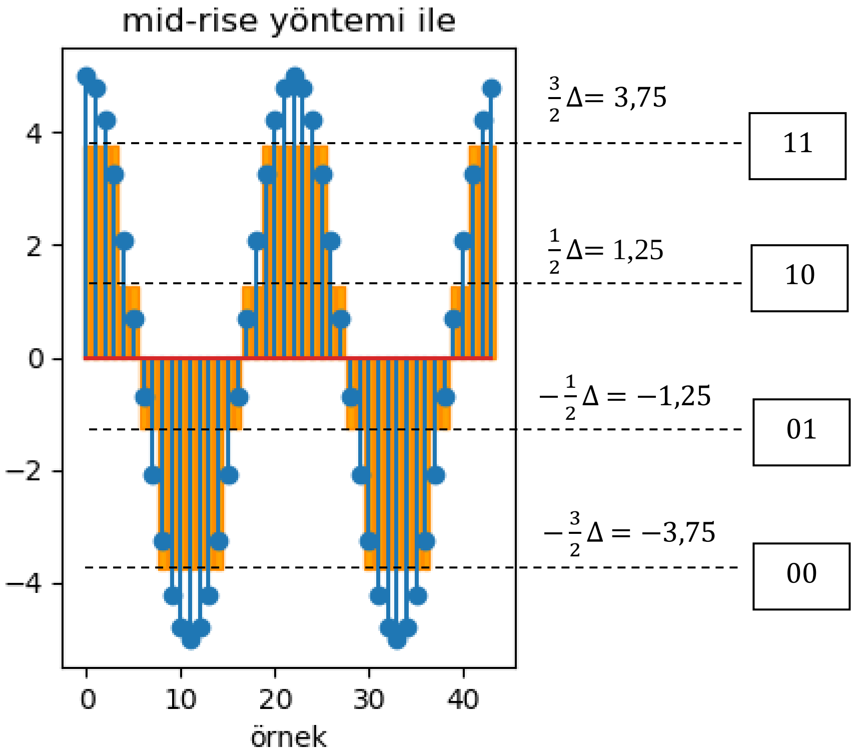


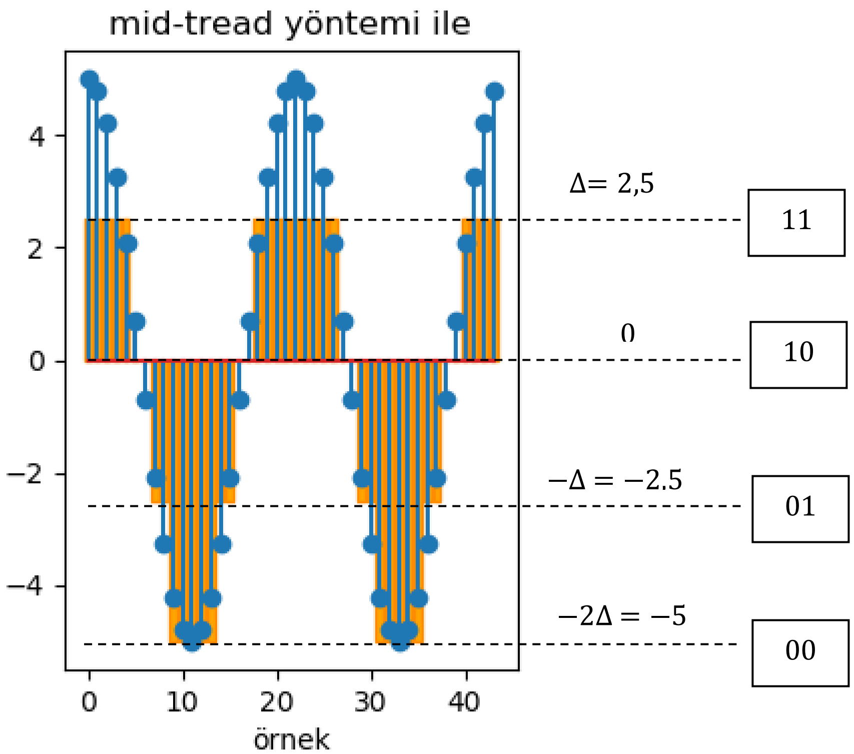
İşaretinde 3 bit ile ifade edilmesi durumu



İşaretinde 2 bit ile ifade edilmesi durumu	

Tabloda görüldüğü üzere $x(t)$ işaretinin, 4 bit ile, 3 bit ile ve 2 bit ile ifade edilmesi durumunda $x[n]$ işaretinin değerlerinin nasıl değer aldığı görülmektedir. Fakat konunun daha iyi anlaşılabilmesi adına Tablo 2'de yer alan "İşaretin 2 bit ile ifade edilmesi durumu" grafiğini ele alalım. Bilindiği üzere iki bit ile 4 farklı değer $(2^2 = 4)$ ifade edilebilmektedir. Grafikte verilen sinyalin ölçülen voltaj değeri olduğunu düşünelim. Grafikten açıkça görüldüğü üzere işaret maksimum 5 V, minimum -5V değerini almaktadır. Bu durumda adım aralığı olan $\Delta = \frac{maks(x[n]) - min(x[n])}{2^k}$ formülü ile hesaplanmaktadır. Eşitlikte yer alan k değeri işaretin kaç bit ile ifade edileceğini, $maks(x[n])$ ve $min(x[n])$ ise sırasıyla $x[n]$ işaretinin aldığı maksimum ve minimum değeri belirtmektedir. Örneğimiz için adım aralığı $\Delta = \frac{5-(-5)}{2^2} = \frac{10}{4} = 2{,}5$ olarak bulunmaktadır. Şimdi bu adım aralığı için mid-rise ve mid-tread yöntemlerini $k = 2\ bit$ için grafik üzerinden detaylı inceleyerek hangi değerin hangi bit dizisine karşılık geldiğine bakalım.





NOT: Bu bölümde yer alan grafiklerin elde edilmesi için ekte verilen **Örnek8.ipynb** kodunu çalıştırınız ve farklı bit değerleri için farklı grafikler elde ederek grafikleri inceleyiniz.

6 Lab Öncesi Çözülecek Sorular

1- $x_1(t) = 7\cos(200\pi t)$ ve $x_2(t) = 3\cos(200\pi t) + 4\cos(1800\pi t)$ işaretlerini sırasıyla $Fs = 2200\ Hz$ ile örnekleyiniz.

$a)$ Örnekleme sonucunda elde ettiğiniz $x_1[n]$ ve $x_2[n]$ sinyallerinin grafiklerini iki periyot için çizdirerek karşılaştırınız. İki işaret arasında her hangi bir fark var mı? Neden?

$b)$ $x_1[n]$ ve $x_2[n]$ sinyallerinin Fourier transformlarını elde ederek işaretleri frekans domaininde inceleyiniz. Elde ettiğiniz $X_1(\omega)$ ve $X_2(\omega)$ grafiklerini beklediğiniz gibi mi? Grafikleri karşılaştırarak grafikler arasında fark olup olmadığını açıklayarak ve nedenini irdeleyiniz.

c) Elde ettiğiniz $X_1(\omega)$ ve $X_2(\omega)$'nın genlik ve faz grafiklerinden $x_1[n]$ ve $x_2[n]$ işaretlerinin ne olduğunu tahmin ediniz. Bu ayrık zamanlı işaretler beklediğiniz gibi mi? Neden?

2- Bir önceki soruyu $Fs = 1000\ Hz$ için tekrarlayınız.

3- $x[n] = [1.25\,, 3.5\,, 4\,, 6.7\,,\ -1.4\,, -3.5\,, -10.5\,, 8.5\,, 3.8]$ olarak verilmektedir. $x[n]$ işareti 3 bit ile ifade edilmek isteniyorsa, mid-rise ve mid-tread yöntemleri ile işareti kuantalayarak çizdiriniz.

7 KODLAR

- Sürekli zamanlı bir işaretin grafiğinin çizdirilmesi: **Örnek1.ipynb**
- Ayrık zamanlı işaretin elde edilip grafiğinin çizdirilmesi: **Örnek2.ipynb**
- Zaman domaininde örtüşmenin incelenmesi: **Örnek3.ipynb**
- Frekans domaininde örtüşmenin incelenmesi: **Örnek4.ipynb**
- Ayrık zamanlı işaretin Fourier transformu: **Örnek5.ipynb**
- Sürekli zamanlı sinyalin zaman domaininden yeniden elde edilmesi(reconstruction): **Örnek7.ipynb**
- Kuantalama: **Örnek8.ipynb**

8 TESLİM ŞEKLİ ve ZAMANI

Bu dokümanda ve/veya ekinde verilen kodları kendiniz bir Jupyter Notebook'ta yazarak sonuçları gözlemleyiniz. Ön Hazırlık Soruları bölümünde verilen soruları çözmek için Python kodu yazınız. Jupyter Notebook'ta yaptığınız çalışmaların tamamını tek bir dosya olarak OgrenciNo_Ad_Soyad_LAB5.ipynb formatına uygun bir isimle kaydedip Google Classroom'a yükleyiniz. Laboratuvar ön çalışmaları (ev ödevi), 21 Mayıs 2020 sabah 05:00'a kadar sisteme yüklenmelidir. Sisteme geç yüklenen dosyalar kabul edilmeyecektir. Ön hazırlık çalışmasını yapmamış (sisteme ön çalışmasını yüklememiş) öğrenciler aynı yapılacak laboratuvar çalışmasına giremez. Ekte, örnek bir ödev çözümü şablonu verilmektedir (bknz: 101024099_AYSE_SEN_LAB1.ipynb). Jupyter Notebook'ta yapacağınız çözümler bu şablona göre hazırlanmalıdır.