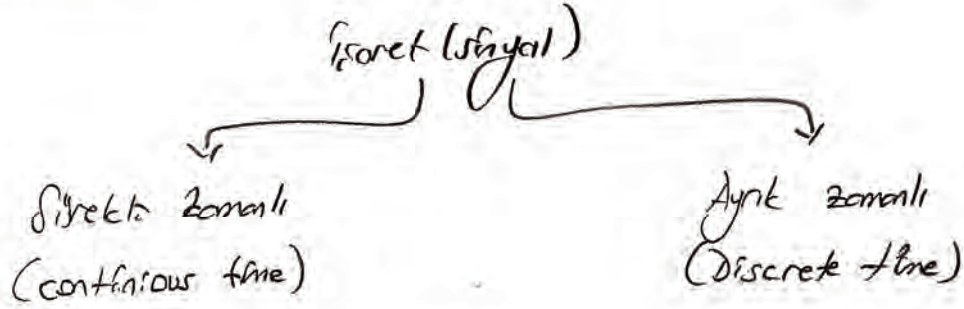


Sayısal İşaret İşleme (Digital Signal Processing (DSP))

İşaret (Signal): Fiziksel değişkenlerin durumu hakkında bilgi taşıyan ve matematiksel olarak fonksiyon (işler) aracılığıyla gösterilen kavramdır.



Sayısal İşaret İşleme dersinde;

Analog / Sayısal kavramı

A/D ve D/A dönüşüm aşamaları

Ayrık zamanlı işaretler ve dönüşümler

Lineer Sabit Katsayılı fark denklemleri

2-Dönüşüm

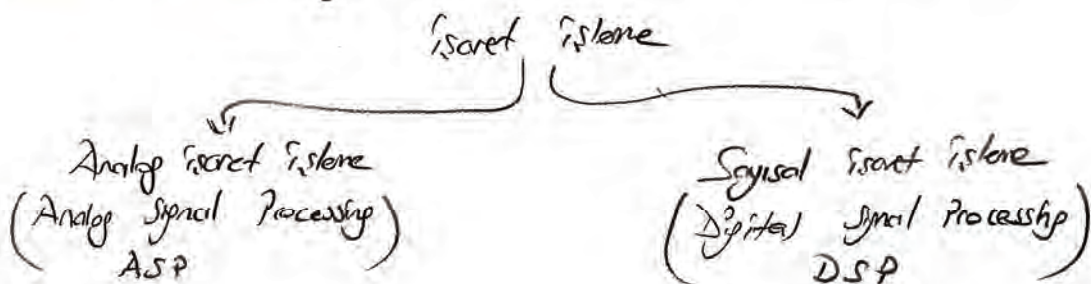
Ayrık Fourier Dönüşümü

Sayısal Filtre Tasarım Teknikleri

IIR Filtreler

FIR Filtreler

İşaret İşleme: Sinyallerin istenilen şekle dönüştürülmesidir.



Analog İşaret İşleme (ASP):

Altıf ve pasif devre elemanları kullanılarak yapılan işlemlerdir. Analog işaret işleme (ASP): yükseltme, filtreleme, integral alma, türev alma, sınırlama, kare alma v.b. işlemleri yükselteç, direnç, kapasitör, indüktör gibi elemanlarla gerçekleştirilir.

Sayısal İşaret İşleme (DSP):

Sayısal elemanlar kullanılarak yapılan işlemlerdir. Sayılar ile ifade edilen işlemler sadece yazılım veya donanım/yazılım kullanılarak gerçekleştirilir.

DSP'nin Avantajları:

- 1) Sayısal işaretler bozulma ve gürültüye karşı daha dayanıktır.
- 2) Lineer olmayan ve zamanla değişen işlemler için karmaşık işlemlerde daha az sorun yaşanır.
- 3) Bilgiyi depolaması ve yeniden işlenmesi daha kolaydır.
- 4) Programlanabilirlik ve test edilebilirlik özellikleri vardır.
- 5) Bir donanım ile birçok işlemleri gerçekleştirilebilir.
- 6) Gincellebilir ve esnekliğe sahiptir.
- 7) Bazı işlemler en iyi veya sadece sayısal olarak gerçekleştirilebilir.

DSP'nin Dezavantajları:

- 1) Düşük perliktir işaretlerin işlenmesinde zorluklar mevcuttur.
- 2) Zant perisiği artmaktadır.
- 3) Karmaşık uygulamaların maliyet fazladır.

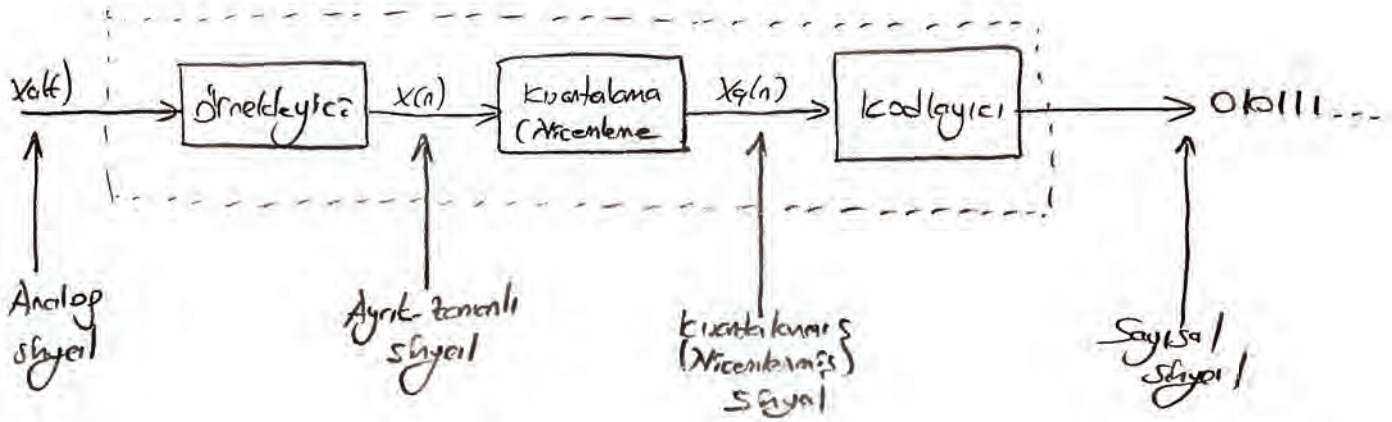
ASP'nin Avantajları:

- 1) Geniş bant analizi (Analog frekans analizi $0 \rightarrow \infty$)
- 2) Bazı uygulamalarda düşük maliyet ve tasarım kolaylığı
- 3) İhtisami olarak olmaması
- 4) Kuantalama (nircentleme) pürüzlülüğü ve hatası yoktur.
- 5) Düşük peritlikli işaretler işlemler

ASP'nin Dezavantajları:

- 1) işaret işlenmede esnekliğin olmaması (yeri işleri işli, yeri doğrulanı perezsinmi.)
- 2) Sistem tasarımında karmaşılık sđt konusudur.
- 3) Tasarım maliyeti pürsektir.

Analog - Digital Dönüşim Aşamaları (A/D Dönüşim)



- 1) Örnekleme: Bir sürekli-zamanlı işyelden ayrık zamanda örneklemler alarak ayrık-zamanlı işyeye dönüştürölmesi sürecidir. Böylece, eğer x(t) örnekleycinin pürsiyese, çıkış $x_a(nT) \equiv x(n)$ olacaktır. Bu ifadede geçen T ise örnekleme aralığı olarak adlandırılır.
- 2) Kuantalama (Nircentleme): Ayrık-zamanlı, sürekli-değerli işyelden ayrık-zamanlı, ayrık-değerli (sayısal) işyeye dönüştürölmesidir. Herbir örneğin değerini, sonlu bir değer kılmesinden seçilmiş değerler tarafından kısıd edilir. Kuantalanmış (nircentlenmiş) örnekleme $x(n)$ ve kuantalanmış (nircentlenmiş) çıkış işyeri $x_q(n)$ arasındaki farkı kuantalama (nircentleme) hatası adı verilir.

3) Kodlama: Kodlama sırasında, her ayrılcı (xalı) değeri, 6 bit uzunluğunda ikilik tabanda değerlerle (ikili kodlarla) temsil edilmektedir.

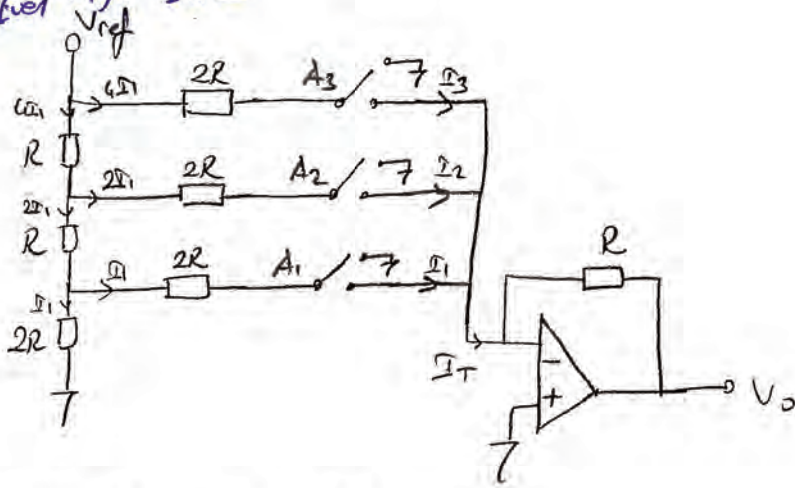
Digital-Analog Dönüştürücüler (DAC)

Sayısal olarak işlenen işaretlerin tekrar analoga dönüştürülmesi için kullanılan donanımlara Digital-analog dönüştürücü (Digital-Analog Converter, DAC) adı verilir. Genel olarak iki şekilde üretilebilir.

1) R-2R Merdiven Tipi DAC

2) Bit çarpıklı DAC

1) R-2R Merdiven Tipi DAC



$$4I_1 = \frac{V_{ref}}{2R} \quad I_1 = \frac{V_{ref}}{8R}$$

$$I_T = A_1 \cdot I_1 + A_2 \cdot I_2 + A_3 \cdot I_3$$

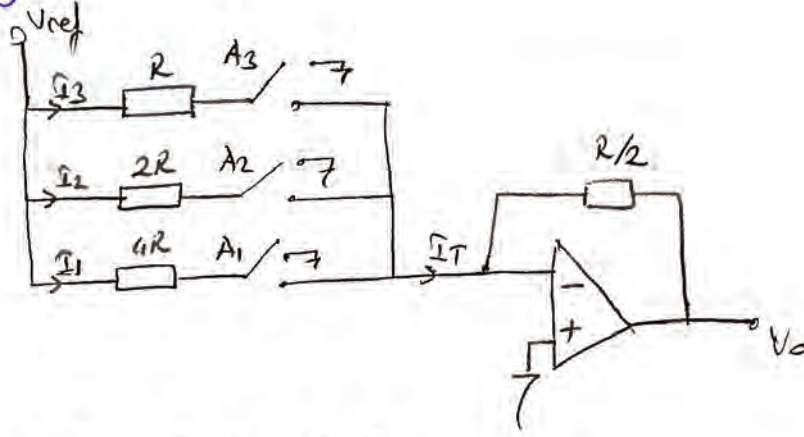
$$I_T = A_1 \cdot I_1 + A_2 \cdot 2I_1 + A_3 \cdot 4I_1 = I_1 (A_1 + 2A_2 + 2^2 A_3)$$

$$I_T = \frac{V_{ref}}{8R} (A_1 + 2A_2 + 2^2 A_3)$$

$$V_o = -R \cdot \frac{V_{ref}}{8R} (2^0 A_1 + 2^1 A_2 + 2^2 A_3) \quad (\text{Tersten işleni yapılmış})$$

$$V_o = \frac{V_{ref}}{2^n} (A_0 \cdot 2^0 + A_1 \cdot 2^1 + \dots + A_{n-2} \cdot 2^{n-1} + A_{n-1} \cdot 2^n) \quad (n\text{-bitlik})$$

2) Bit Ağırlıklı DAC



$$I_T = A_1 \cdot I_1 + A_2 \cdot I_2 + A_3 \cdot I_3$$

$$I_3 = \frac{V_{ref}}{R} \quad I_2 = \frac{V_{ref}}{2R} \quad I_1 = \frac{V_{ref}}{4R}$$

$$V_o = -I_T \cdot \frac{R}{2}$$

$$V_o = -\left(A_1 \cdot \frac{V_{ref}}{4R} + A_2 \cdot \frac{V_{ref}}{2R} + A_3 \cdot \frac{V_{ref}}{R}\right) \cdot \frac{R}{2}$$

$$V_o = -\frac{V_{ref}}{8} (A_1 \cdot 2^0 + A_2 \cdot 2^1 + A_3 \cdot 2^2) \quad (\text{hesabları işleni yapıyoruz})$$

$$V_o = \frac{V_{ref}}{8} (A_1 \cdot 2^0 + A_2 \cdot 2^1 + A_3 \cdot 2^2)$$

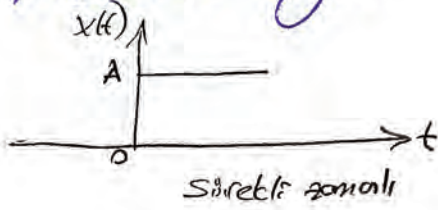
Görünürlük: Genellikle DAC için tanımlanan ve en ağırlıklı bitin değeri, çıkışta oluşturduğu gerilim farklılığına denir.

Ayrık Zamanlı Sinyaller

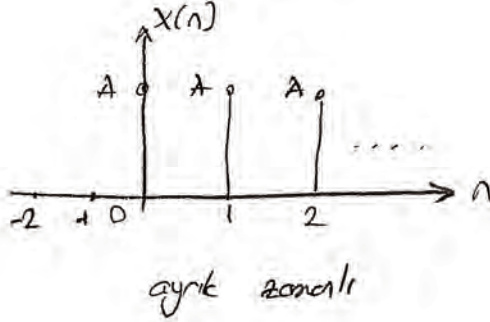
Sinyaller, zaman değişkeni açısından sürekli zamanlı ve ayrık zamanlı sinyaller olarak ikiye ayrılır. Sinyallerin sürekli zamanlı ve ayrık zamanlı olarak ayrışması, sinyal türüne göre yapılır. (Gerilim, akım, ses, biyoelektrik sinyal v.b.) Ayrık zamanlı sinyaller ise ağırlıklı sürekli zamanlı sinyallerin örneklenmesi sonucu elde edilmiş sinyallerdir. (Görölük nem oranı, aylık yağış miktarı v.b.)

Temel Ayrık Zamanlı İşaretler

1) Basamak Sinyali



$$x(t) = \begin{cases} A & t \geq 0 \\ 0 & t < 0 \end{cases}$$



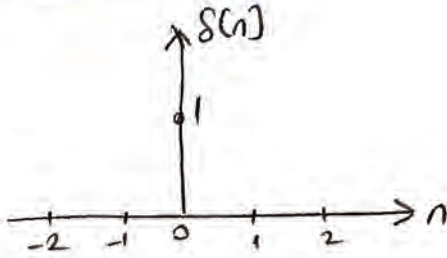
$$x(n) = \begin{cases} A & n \geq 0 \\ 0 & n < 0 \end{cases} \quad (n \in \mathbb{Z})$$

$$x(n) = \{ \dots, 0, \underset{\substack{\uparrow \\ n=0}}{A}, A, A, \dots \}$$

$A=1$ olursa basamak sinyali birim basamak sinyali olacaktır.

$$A=1 \Rightarrow x(n) = u(n] \quad (\text{birim basamak sinyali})$$

2) Birim Örnek

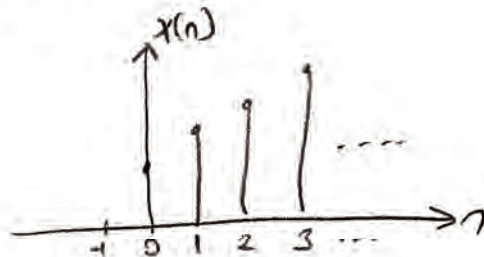
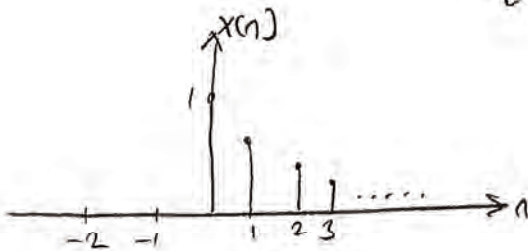


$$\delta(n) = \begin{cases} 1 & n = 0 \\ 0 & n \neq 0 \end{cases}$$

$\delta \rightarrow$ impuls fonksiyonu

3) Üstel Sinyaller

$$x(n) = \begin{cases} a^n & n \geq 0 \\ 0 & n < 0 \end{cases}$$



4) Sinüzoidal Sinyaller:

Genel olarak sinüzoidal sinyal:-

$$x_a(t) = A \cdot \cos(\omega t + \phi)$$

A: Sinyalin genliği

ω : açısal frekans (rad/sn)

ϕ : faz açısı (rad)

$$\frac{x_a(t)}{nT_s} \xrightarrow{\text{örnekleme}} x_a(nT_s) \quad (x[n])$$

$$x_a(nT_s) = A \cdot \cos(nT_s \cdot \omega + \phi)$$

$$\underline{x[n] = A \cos(nT_s \cdot \omega + \phi)}$$

Sıkkere işlemlerden sonrakı ifade.

$$x[n] = A \cdot \cos(\Omega n + \theta)$$

A: Sinyalin genliği

Ω : öykük açısal frekans (rad/örnek)

θ : faz açısı (rad)

F : öykük frekans (örnekler/s)

$$\Omega = \omega \cdot T_s$$

$$\Omega = 2\pi f \cdot T_s = \frac{2\pi f}{f_s}$$

$$\boxed{\Omega = 2\pi F}$$

$$\boxed{\Omega = \omega T_s}$$

$$\Omega = 2\pi \frac{f}{f_s}$$

$$F = \frac{f}{f_s}$$

Ayrık Zamanlı Sinyallerde İstisnalar

1) Öteleme (Kaydırma):

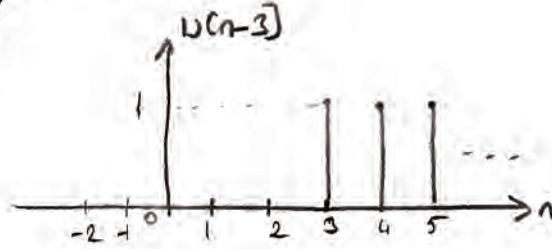
Ayrık zamanlı sinyallerde öteleme işlemi iki şekilde yapılır:

- Sağa Öteleme
- Sola Öteleme

a) Sağa Öteleme:

$x(n)$ ayrık zamanlı sinyali için $n_0 \in \mathbb{Z}^+$ olmak üzere $x(n-n_0)$ işlemi, $x(n)$ ayrık zamanlı işaretinin n_0 ötek kadar sağa ötelenmesi veya kaydırılmasıdır.

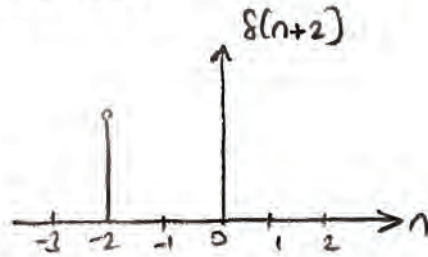
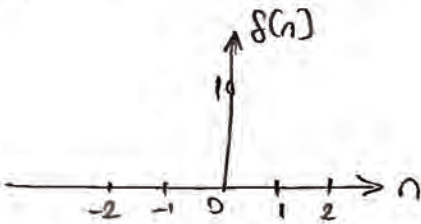
Örnek: $u(n-3)$ işaretinin grafiğini çiziniz.



b) Sola Öteleme:

$x(n)$ ayrık zamanlı sinyali için $n_0 \in \mathbb{Z}^+$ olmak üzere $x(n+n_0)$ işlemi, $x(n)$ ayrık zamanlı işaretinin n_0 ötek kadar sola ötelenmesi veya kaydırılmasıdır.

Örnek: $\delta(n+2)$ işaretinin grafiğini çiziniz.



Not: Bu istisnalarla hareketle birim basamak ve birim örnek sinyalleri arasında bazı bağlantılar yazılabilir.

$$\delta(n) = u(n) - u(n-1)$$

$$u(n) = \sum_{k=0}^{\infty} \delta(n-k)$$

KAYNAKLAR

- 1-** Prof. Dr. Arif GÜLTEN Ders Notları
- 2-** Digital Signal Processing 1st Edition by Alan V. Oppenheim, Ronald W. Schafer
- 3-** Sayısal Sinyal İşleme: İlkeler, Algoritmalar ve Uygulamalar, John G. Proakis.