

Biyomedikal Sinyal Analizleri

Yrd. Doç. Dr. Aslı AYKAÇ

YDÜ Tıp Fakültesi

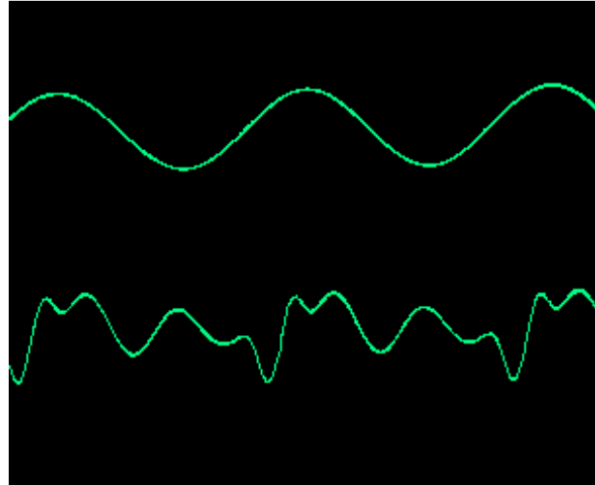
Biyofizik AD

Biyomedikal Sinyal Analizi

- Sinyaller tıpta
 - **1D:** EEG,EMG,EOG, EKG,
 - **2D:** X-ışını filmleri, USG, MRG, BT, PET,..
 - **3D:** MRG, BT,...

Sinyal Nedir?

- Taşıyıcı bir medya üzerinde bir noktadan diğer noktaya hareket eden kodlanmış bilgi
 - Bir tel üzerinde taşınan elektrik sinyali
 - Havada taşınan akustik sinyaller
- Aşağıda temel bir sinüs sinyali ve içinde birden fazla temel frekans içeren başka bir elektriksel sinyali



Sinyal

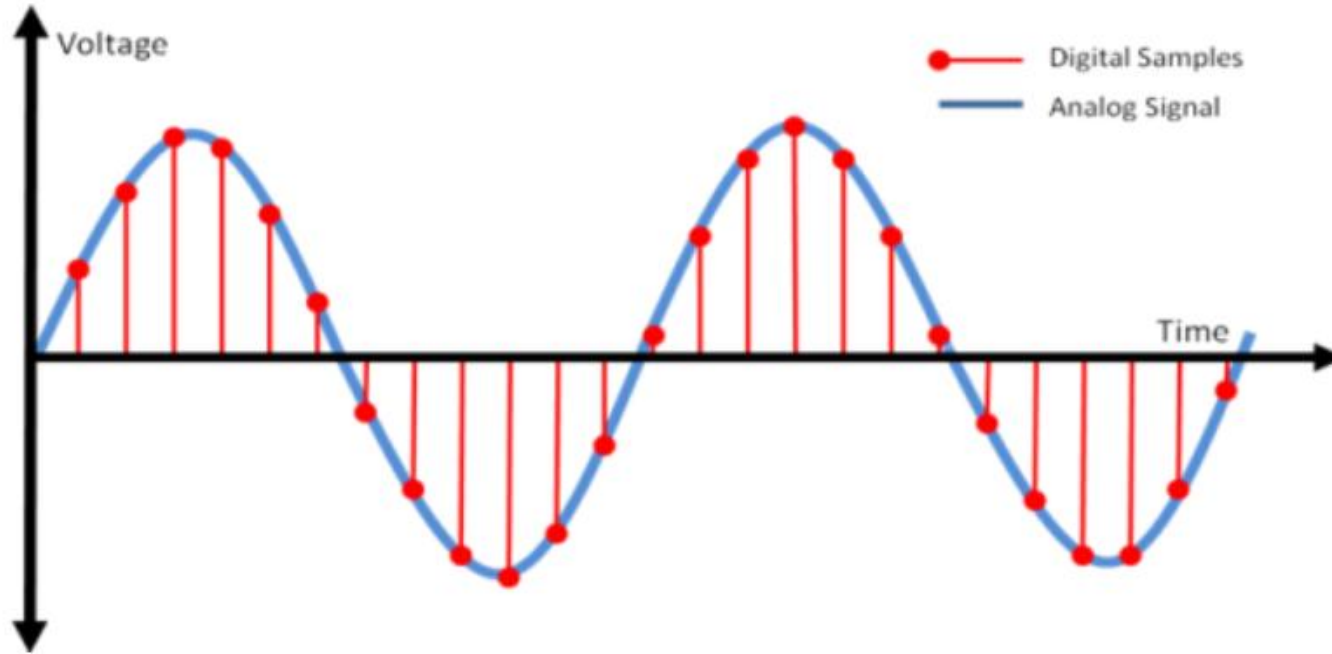
Analog Sinyal

- Analog sinyal kesintisiz ve süreklidir
- Sonsuz noktadan oluşur
 - Bir amfiden çıkıp hoparlöre giden elektriksel ses sinyali ve hoparlörden çıkıp kulaklarımıza ulaşan akustik ses sinyali analog sinyal

Dijital Sinyal

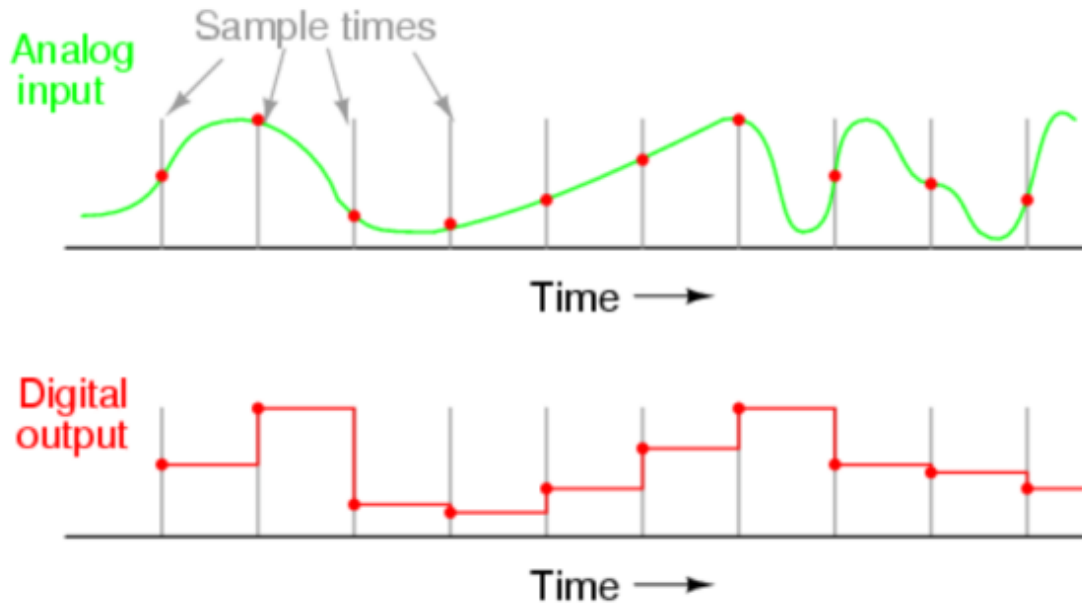
- Sayısallaştırılmış sinyal formatı

- Bilgisayar gibi dijital domain de çalışan cihazlara bir analog bilgi aktarmak istediđinizde bu bilgiyi öncelikle dijitale çevirmemiz gerekmektedir



- Bu işlem, analog sinyalin zaman içindeki bazı noktalarının örnekleme ile gerçekleştirilmektedir
 - 44.1 kHz frekansı ile örneklenen bir analog sinyal için saniyede 44.100 adet noktasal bilgi alınmaktadır
 - Analog sinyalde 1s içinde sonsuz nokta vardır

- Bu sayede sinyali belirli bir kalıbın içine sokmuş ve bilgisayar gibi sayısal çalışan bir cihaza anlatabilir hale getirmiş oluruz



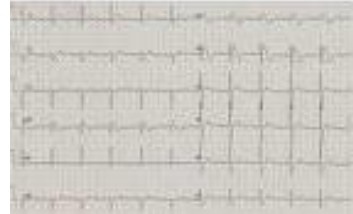
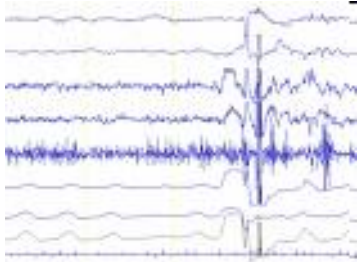
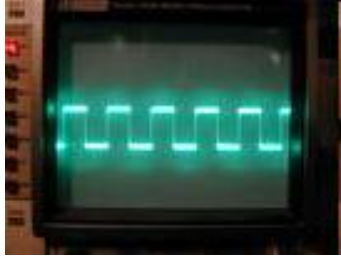
- ***Analog ve dijital teknolojiler arasındaki farklar nelerdir?***
- Analog teknolojide bilgi değişken genlikteki elektriksel darbelere çevrilmiş
- Dijital teknolojide, bilginin çevirisi iki farklı genlikle (sıfır veya bir) temsil edilir

Sinyaller ne için kullanılır?

- Analog ve dijital sinyaller genellikle elektrik sinyaller yoluyla, bilgi aktarmak için kullanılır
 - Bu teknolojilerin her ikisinde de ses veya video ile alınan bilgiler elektrik sinyallerine dönüştürülür

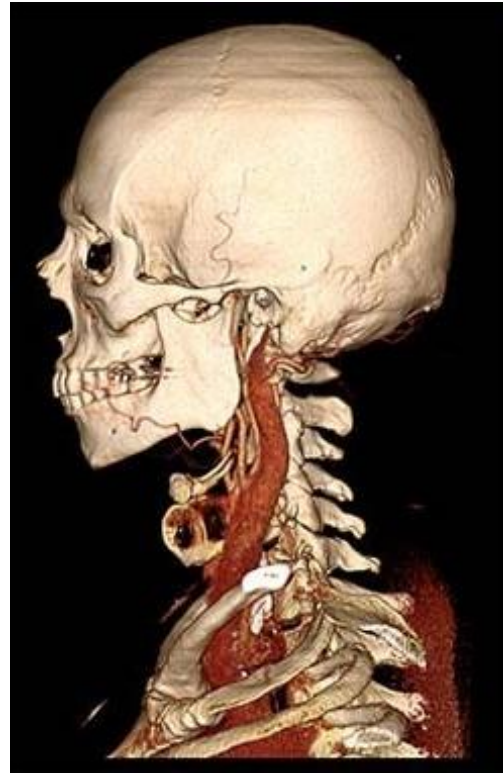
Analog Sinyal

Analog sinyaller sonsuz sayıda değer aldıkları için sürekli bir biçimde değişiklik gösterir



Dijital Sinyaller

Dijital Sinyaller sadece kesikli ve bilgisayarda depolanabilir değerler alır



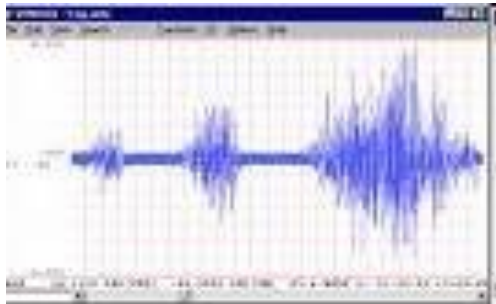
Biyomedikal Sinyal ve Sistem

- İnsan vücudunda bulunan birçok biyolojik sinyal sinir hücreleri ya da kas hücrelerinin elektriksel aktivitesi ile izlenir.
- Biyomedikal sinyaller genellikle bir sensör, bir transdüktör ve / veya elektrot ile elde edilir. Sinyalin işlenmesi ve depolanması voltaj ya da akıma dönüştürülmesi ile sağlanır.

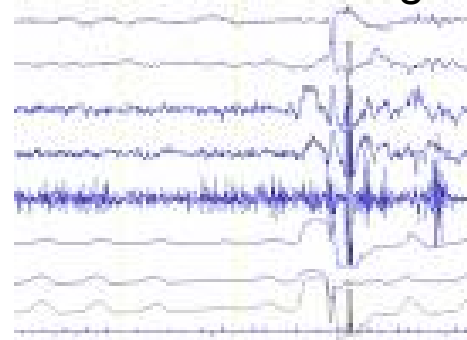
Sinyal tipleri-1D

1D: (EEG/ EOG/ EKG/ EMG)

1D signal

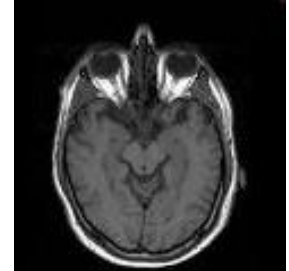
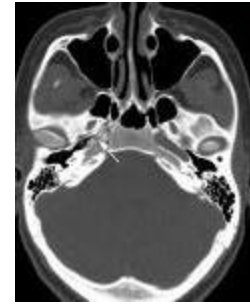
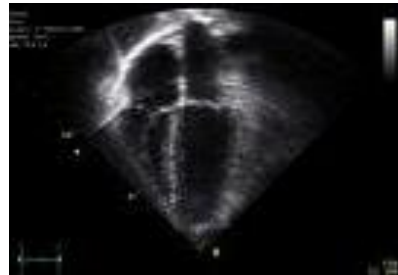
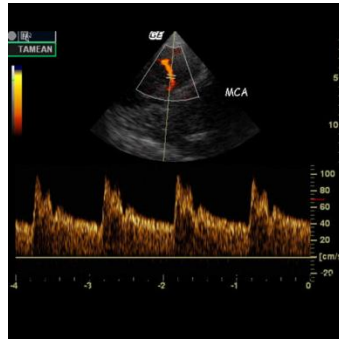


multichannel 1D signal



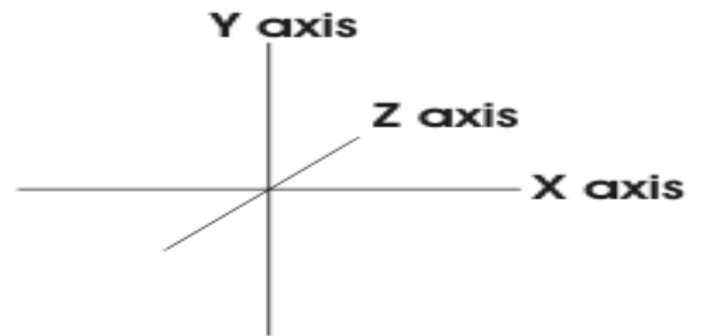
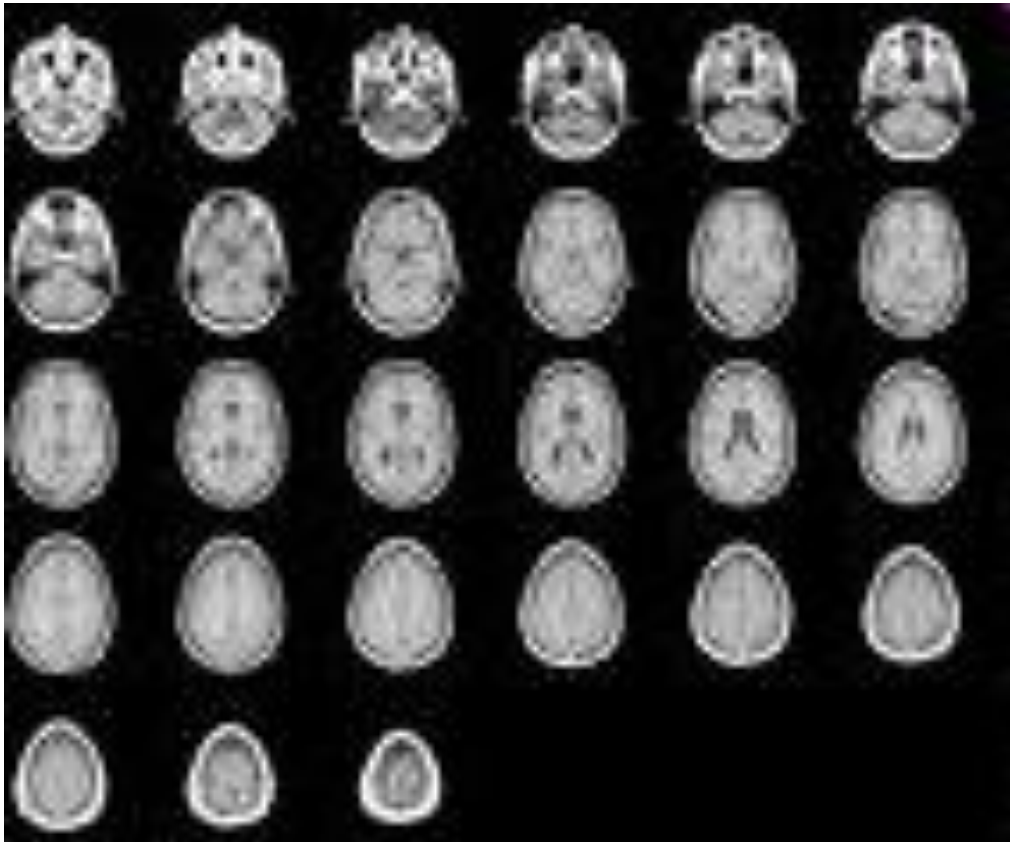
Sinyal tipleri-2D

(Rx, USG, Doppler, BT, MR)



Sinyal tipleri-3D

3D MR, 3D BT



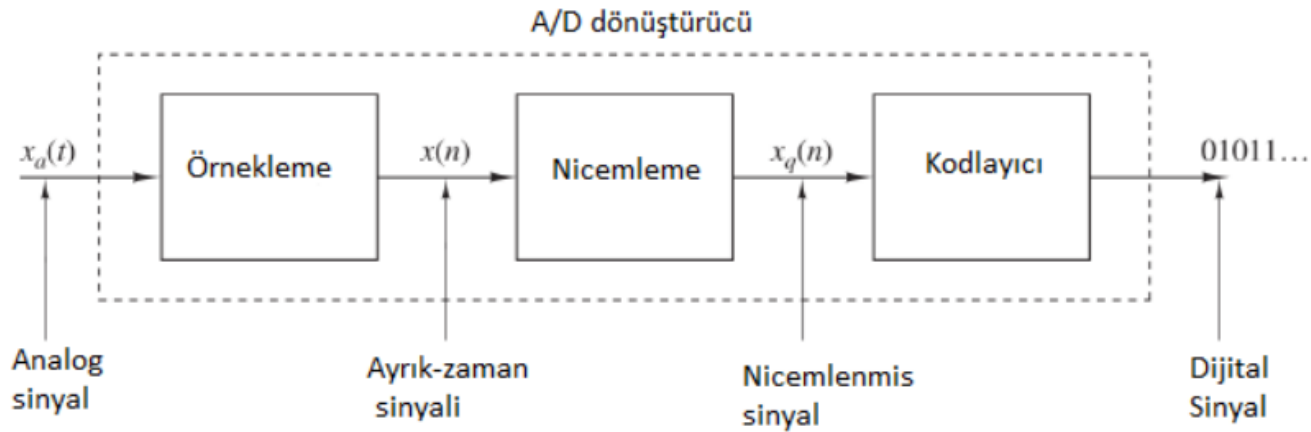
Dijital sayıları analog sinyalleri dönüştürme neden gerekir?

Aksi takdirde

- Dijital ekranlarda görüntüleyemeyiz
- Sunucular / bilgisayarlarda saklayamayız
- Gürültü elimine için dijital filtreler uygulayamayız
- Otomatik hesaplamalar yapamayız

Örnekleme

Sürekli-zaman sinyalin sinyalden ayrık zamanlarda örnekler alınarak ayrık zamanlı sinyale dönüştürülmesi süreci



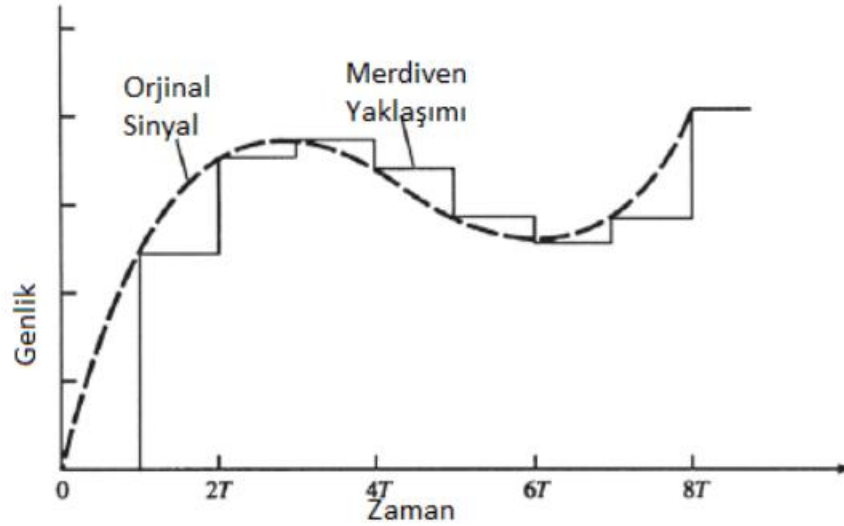
Nicemleme

- Ayrık-Zamanlı, sürekli-değerli sinyalin ayrık-zamanlı, ayrık değerli sayısal sinyale dönüştürülmesidir
- Her bir örneğin değeri sonlu bir değer kümesinden seçilmiş değerler tarafından temsil edilir.

Kodlama

- Kodlama sürecinde, her ayrık değeri, bit uzunluğunda ikilik tabanda değerlerle temsil edilir.
- Bütün dönüştürücüler sayısal sinyalin noktalarını birleştirerek bir çeşit ara değerlendirme (enterpolasyon) yaparlar.

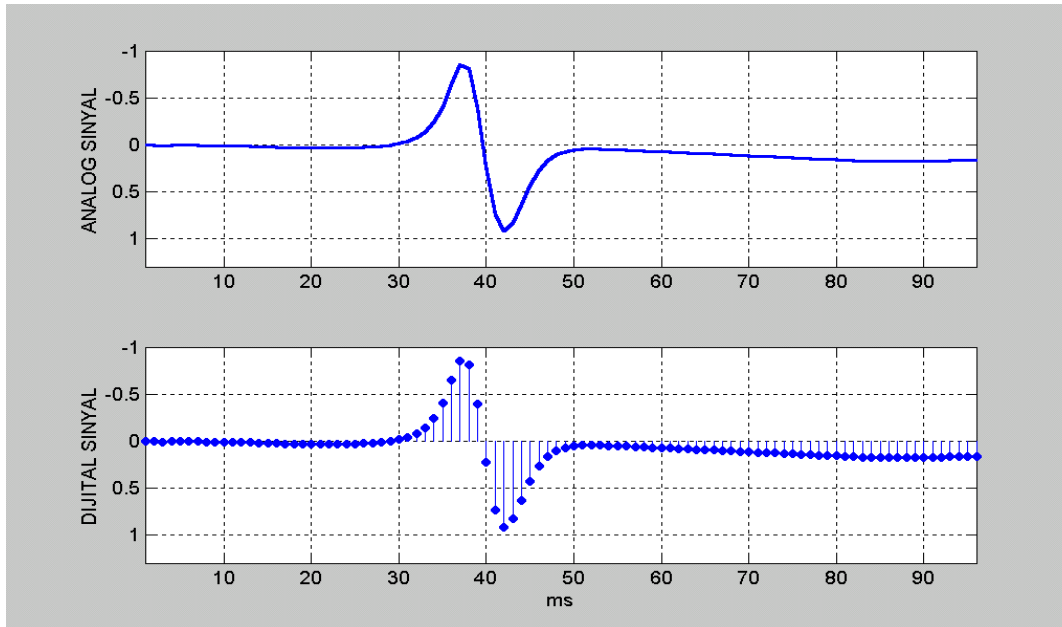
- Sıfır dereceli basamak yaklaşımı adı verilen basit bir D/A dönüştürücü



Örnekleme

Örnekleme Periyodu (T): iki ardışık numune arasındaki zaman

Örnekleme frekansı ($f_s=1/T$): bir saniyede alınan örnek sayısı



Eksik örnekleme-ALIASING

- Uygun örnekleme frekansıyla A/D dönüşümü yapmazsak bilgi kayıpları, bozulmalar (gürültü vb gibi) olacaktır.
- Bu dijital verileri tekrar analog sinyallere dönüştürdüğümüzde aynı sinyal çıktısını elde edemeyiz. Bu soruna “aliasing” denir
 - Önlemek için Nyquist teoremi doğrultusunda uygun frekans değerleriyle örnekleme işlemi yapılır.

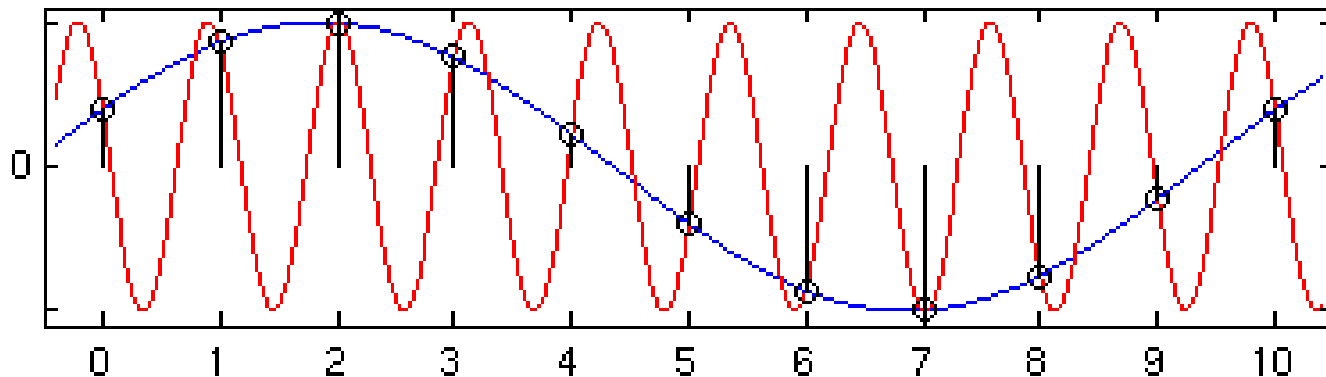
Eksik örnekleme-ALIASING

- Dijital olarak düşük örnekleme oranlı yüksek frekansları kaydederken meydana gelen bozulma türüdür

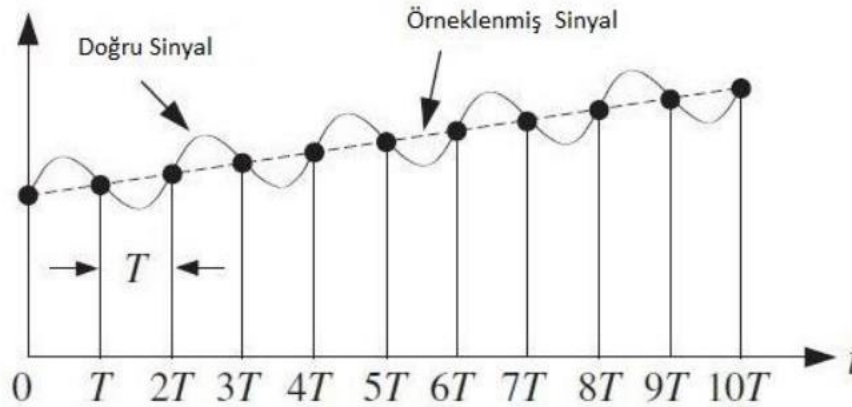
Daireler: örneklenen sinyal noktaları

Kırmızı dalgalar: Analog sinyal

Mavi: yeniden oluşturulmuş analog sinyal



- Grafik analog sinyal ve örneklenmiş hal



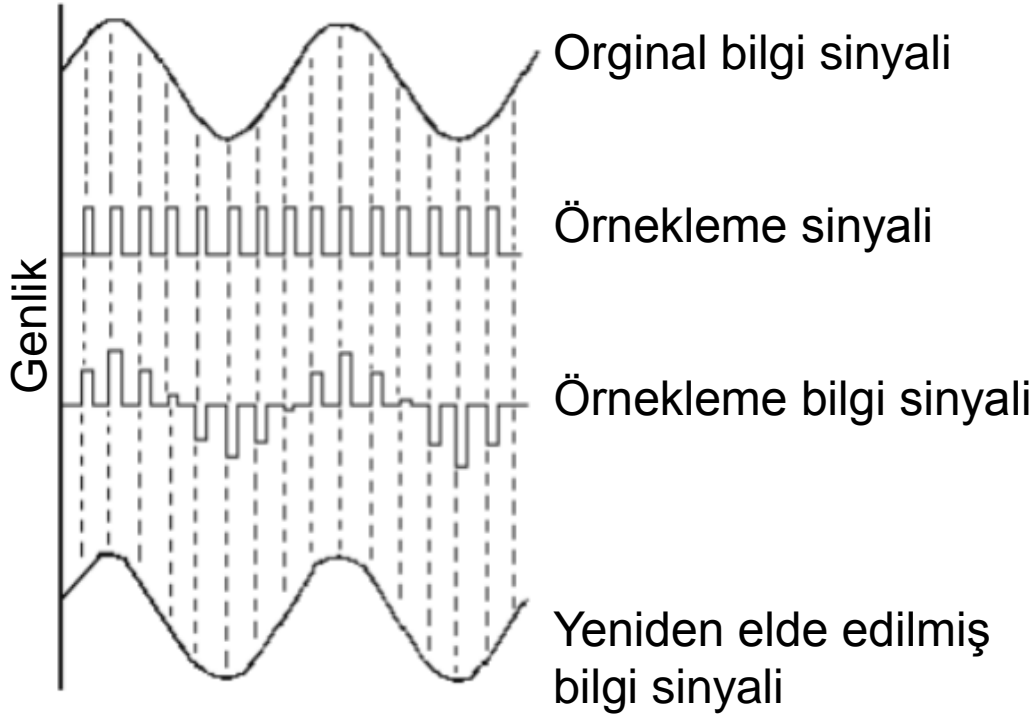
- Uygun periyotta örnekleme yapılmadığı için dalgalı bir yapı gösteren sinyalin örneklenmiş formu linear bir şekil almakta, örneklenen veriler sinyalin doğru şeklini yansıtmamaktadır.

Low-pass filtre

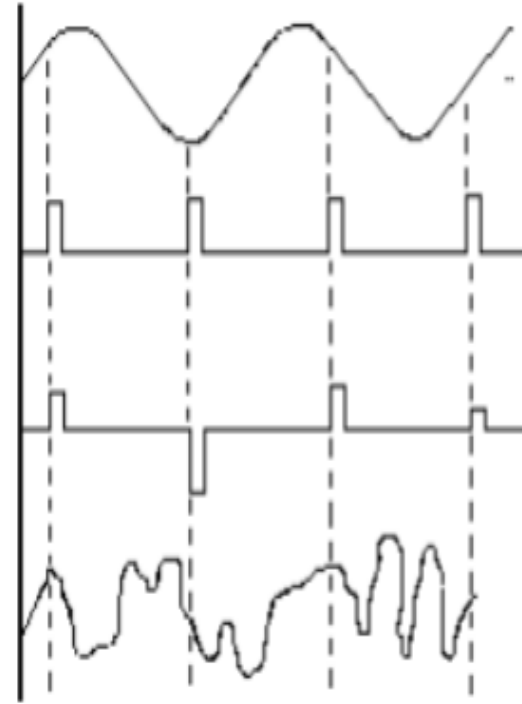
- Alçak geçiren filtre, örneklenmiş sinyali süzer ve şekli değiştirilmemiş orijinal işaretin bir benzerini yeniden oluşturur.

- Sinyalin tekrar elde edilebilmesi, vericide işaretin ne kadar sık örneklendiğine ve alıcıda ne kadar keskin frekans tepkisine sahip bir alçak geçiren filtre kullanıldığına bağlıdır.
- Ne örnekleme sinyal frekansı ne de alçak geçiren filtrenin frekans tepkisi, tek başına bilgi işaretinin en iyi şekilde tekrar elde edilmesi için yeterli değildir.
- Her ikisinin birlikte olması gerekir.

Yeterli örneklendirilmiş sinyal



Yetersiz örneklendirilmiş sinyal



2B Sinyal Örneklemesi

İki boyut için iki örnekleme oranı (veya dönemi) vardır.

X-Ray film



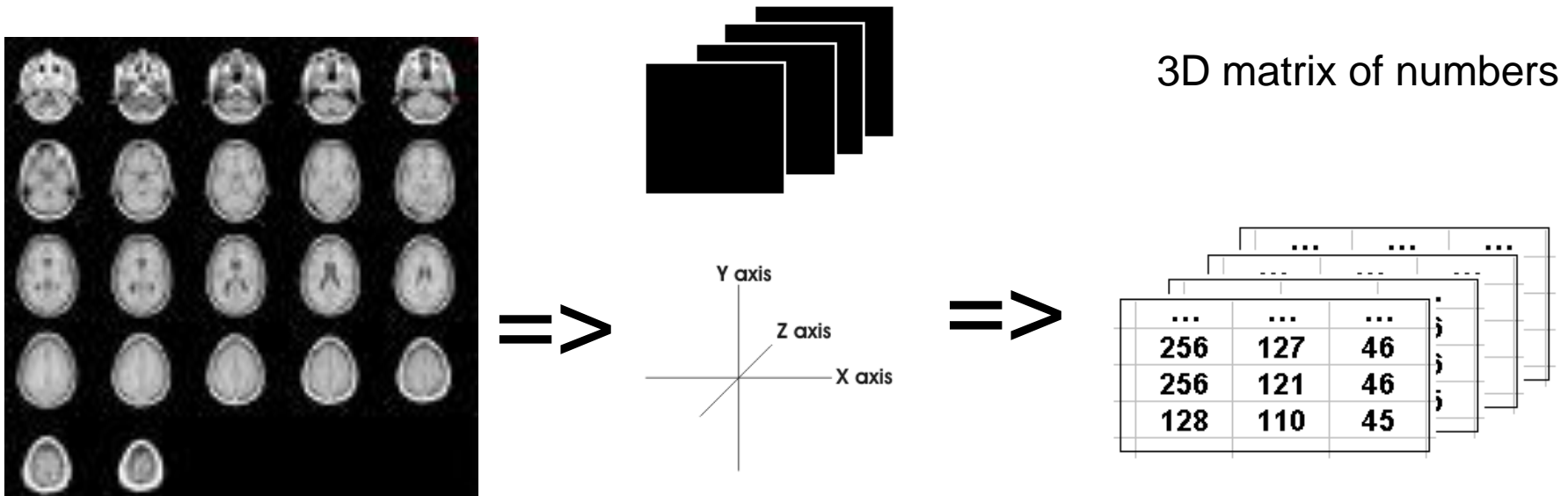
\Rightarrow

2B matris sayısı

...
...	256	127	46	...
...	256	121	46	...
...	128	110	45	...
...

3B Sinyal Örnekleme

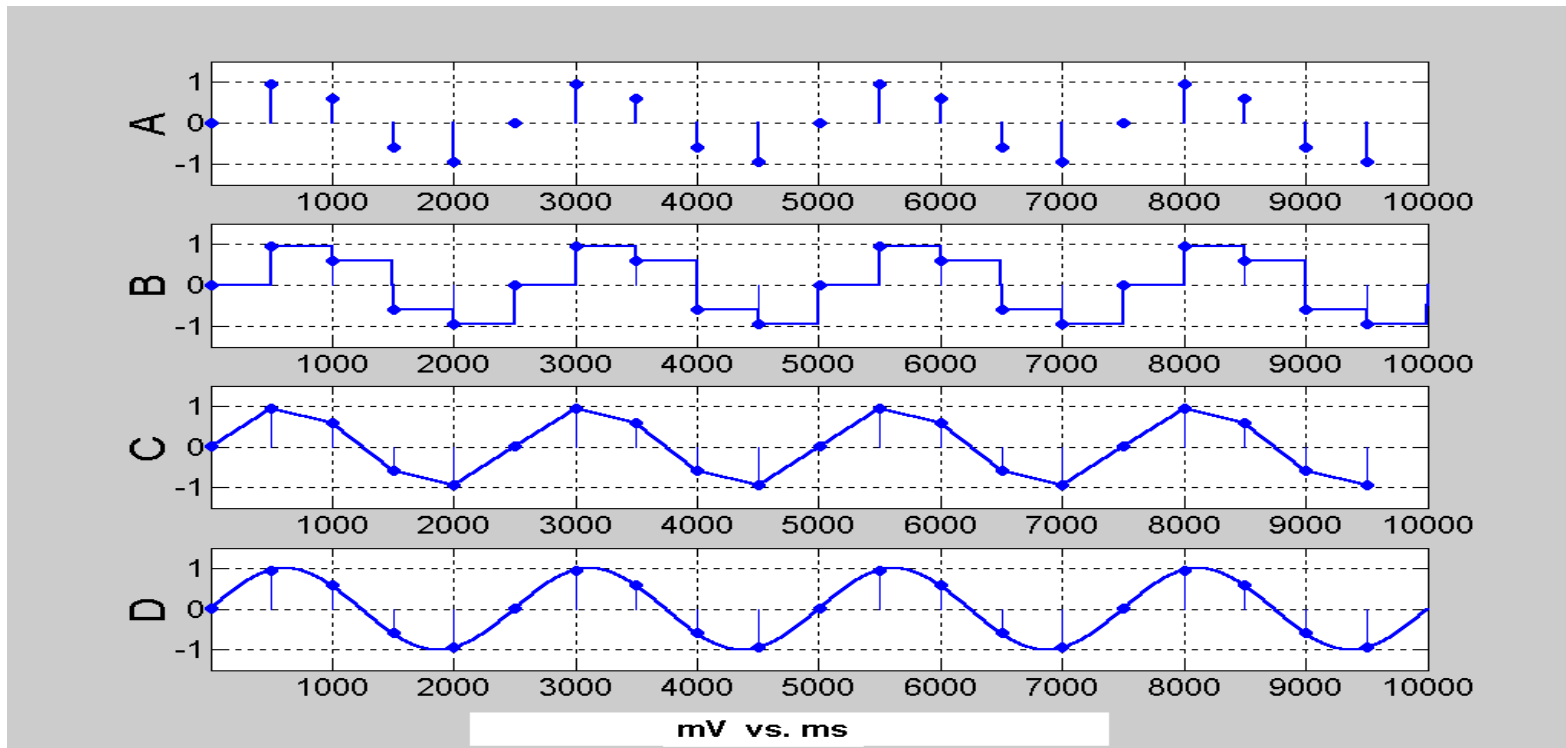
Üç boyut için üç örnekleme oranı vardır



- **Interpolasyon** bilinen veri noktalarından ayrı bir set aralığında yeni veri noktaları oluşturmak için kullanılan yöntemdir
- **Alt numune alma** (Down sampling), bir sinyalin örnekleme oranının azaltılması işlemi
- **Seyreltme**, Dijital sinyal örneklerinin sayısını azaltmak için kullanılan tekniktir. Bu iki aşamalı bir süreçtir:
 - 1. Low-pass filtre,
 - 2. Down sampling

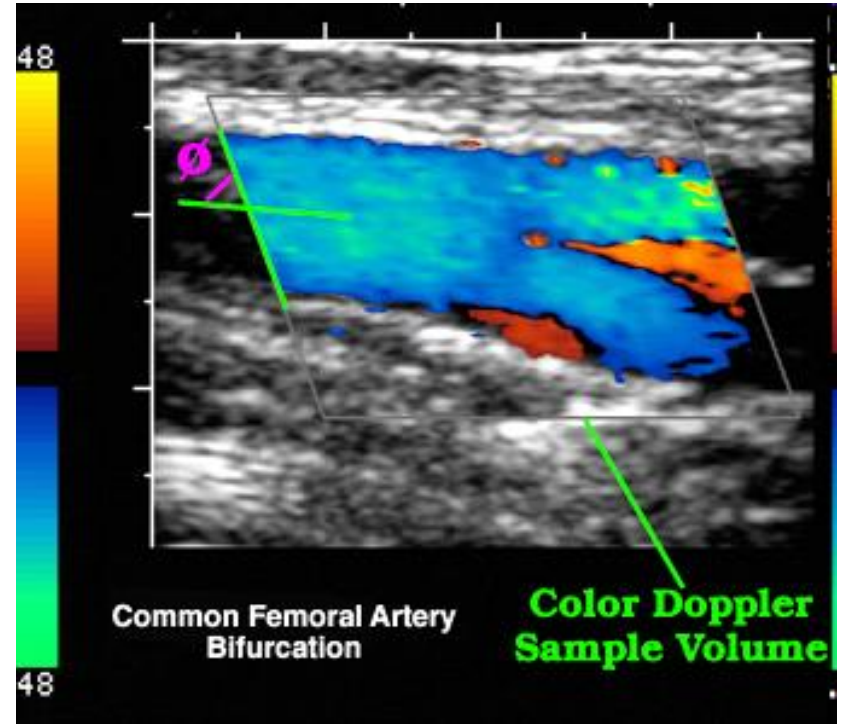
Interpolasyon 1D- 1

- Örnek A 'da sinyalin boş olduğu kısımlar B, C ve D' de interpolasyon metodu ile doldurulmuştur



Interpolasyon-2D

- Örnek: Renkli Doppler görüntüleme (CDI), her renk bir hıza karşılık gelir
 - Birçok pixel görüntü üzerinde interpolatize edilmektedir
 - Bazen, hatalar interpolasyon nedeniyle görülebilir



- Tanımlar

- 1 Byte=8-bit

- 1 kByte= 10^3 byte

- 1 MByte= 10^6 byte

- 1 GByte= 10^9 byte

- 1 TByte= 10^{12} byte

Örnek

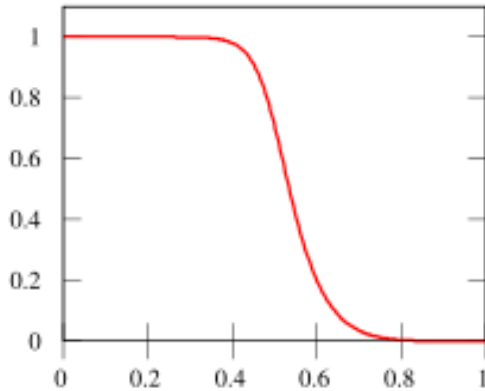
- Bir EKG sinyali: 16-bit x 1000 sample/sec
 - Bit-rate=16,000 bit/s=2 KByte/s
 - EKG 10 kanallıdır, o halde Bit-rate= 8x10 KByte/s
 - Bir x-ray filmi 4000x4000 pixel ve her bir pixel
- => 4000x4000x2 bytes =32 Mbytes ile temsil edilir

Filtreler

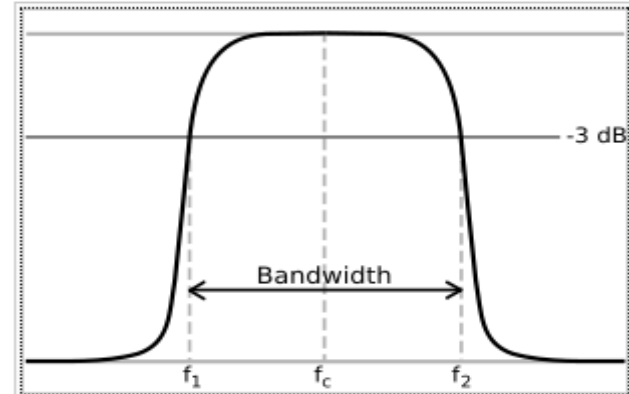
Spektrum frekansının bir kısmını geçiren ya da durduran alet ya da programlar

- **Low pass filter:** sadece düşük frekansları geçirir
- **High pass filter:** sadece yüksek frekansları geçirir
- **Band pass filter:** spektrumun sadece bir bandını geçirir
- **Band stop filter:** spektrumun sadece bir bandını durdurur

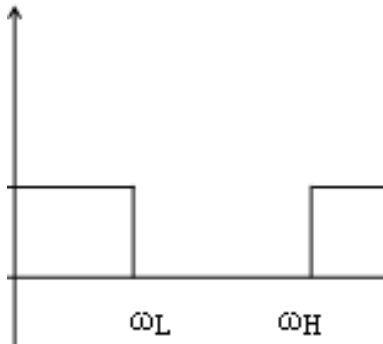
Filtre Tipleri



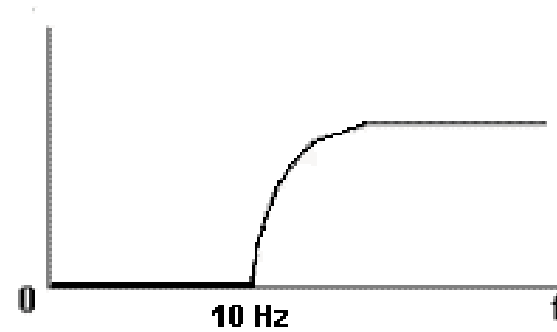
Low Pass (LP) filter, cut-off frequency is 0.5 Hz



Band Pass (BP) filter, cut-off frequencies are f_1 and f_2



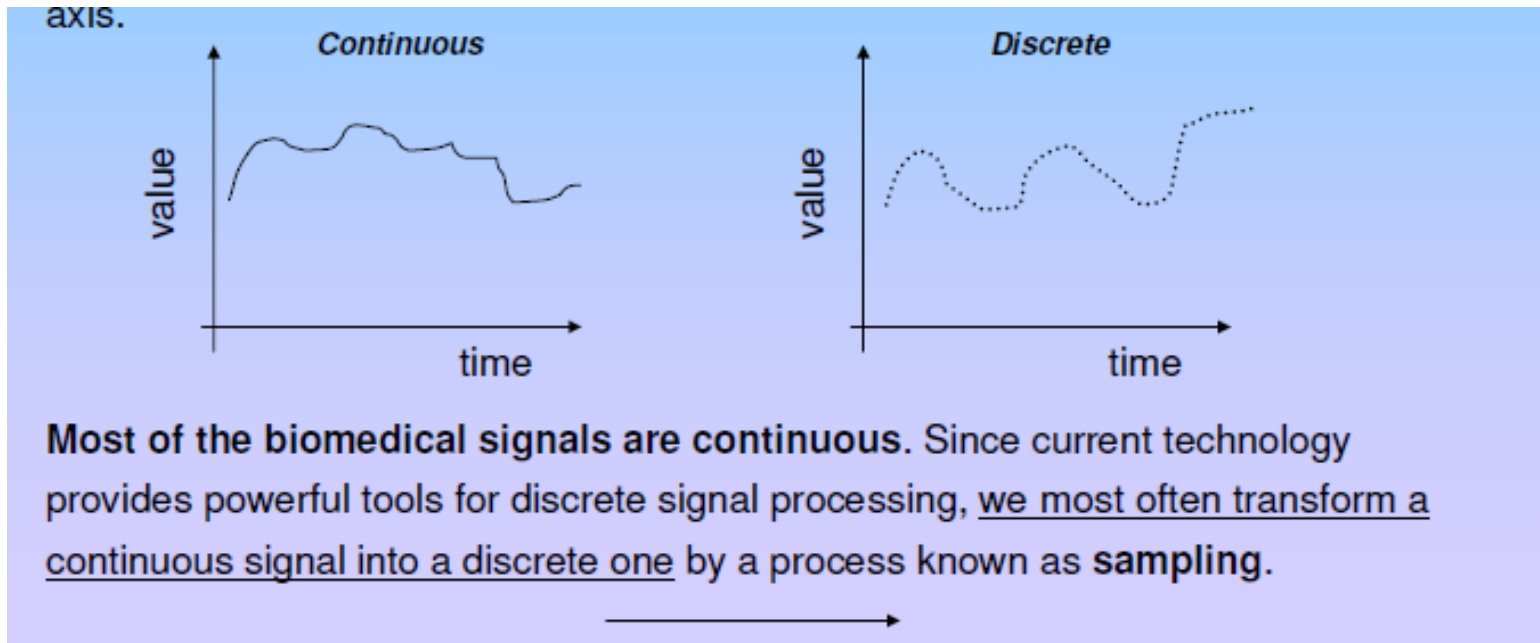
Band Stop (BS) filter, cut-off frequencies are ω_L and ω_H



High Pass (HP) filter, cut-off frequency is 10 Hz

1. Sürekli zamanlı ve Ayırık zamanlı sinyal

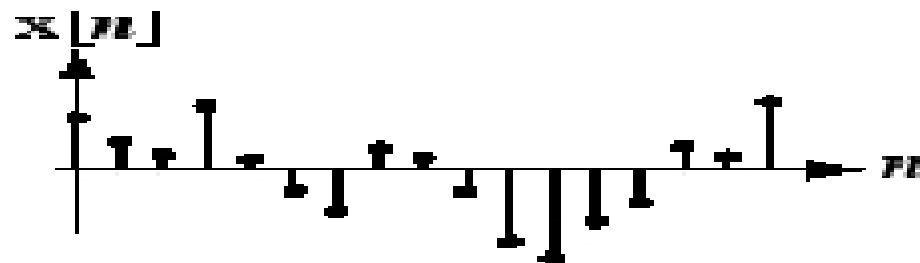
- Bir sinyal her t zamanı için tanımlanıyorsa $x(t)$ 'nin sürekli zaman sinyali olduğu söylenir.



Continuous-time signal

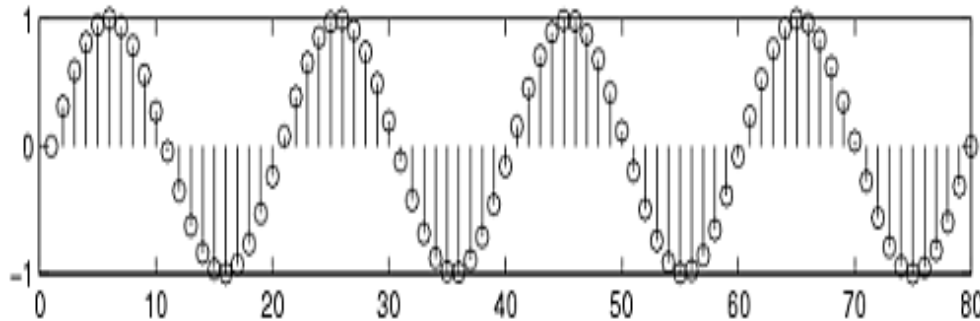


Discrete-time signal



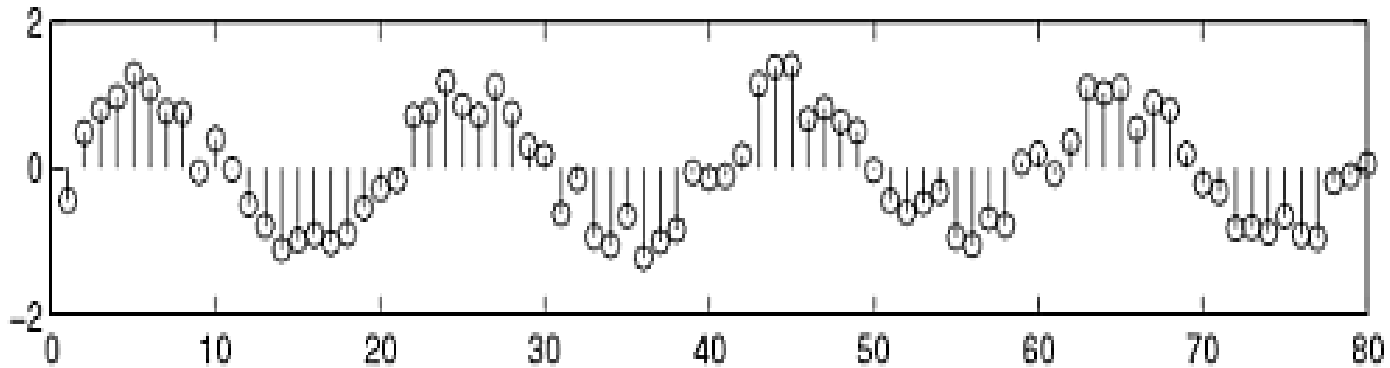
2. *Deterministik sinyal, random sinyal*

- Bir deterministik sinyal sinyalinin her değerinde, matematiksel ifade, kural veya tabloya göre belirlenebilen sinyaldir.
- Bu nedenle sinyalin sonraki değerleri tam bir güvenle önceki değerlerinden hesaplanabilir.



Deterministic signal

- Rastgele (random) sinyal kendi davranışları hakkında belirsizdir.
- Rastgele sinyalin sonraki değerleri doğru tahmin edilemez ve genellikle sadece sinyalin set ortalamalarına göre tahmin edilebilir.



Random signal

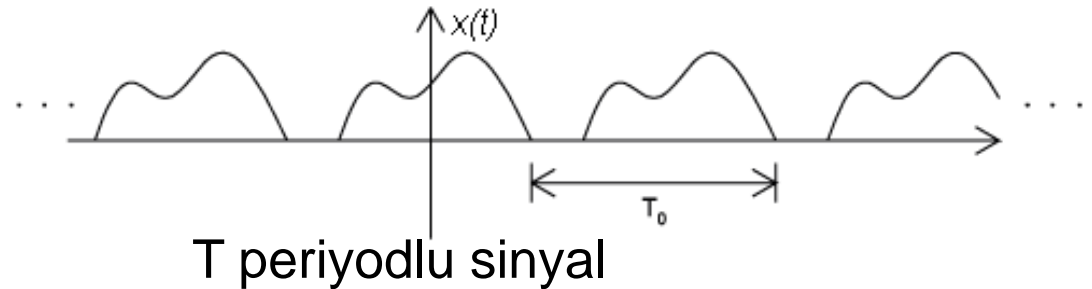
3. Periyodik sinyal, nonperiyodik sinyal

- $x(t)$, Periyodik sinyali aşağıdaki koşulu karşılayan bir fonksiyondur:

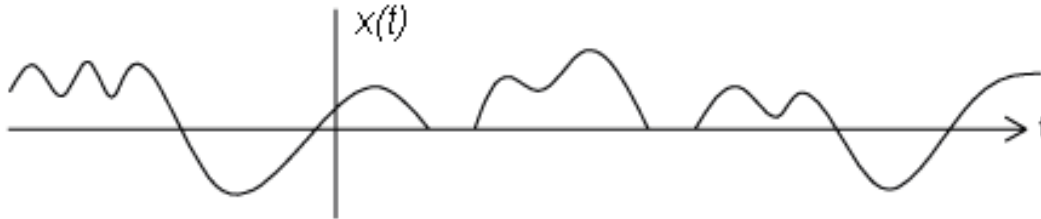
$$x(t) = x(t+T) \text{ her } t \text{ için} \quad (1)$$

- Yukarıdaki denklemi karşılayan T , $x(t)$ 'nin temel periyodudur $f = 1/T$
- Frekans f hertz (Hz) veya saniyedeki devir ölçüsü
- Açısal frekans saniyede radyan olarak ölçülür.

$$\omega = 2\pi/T$$



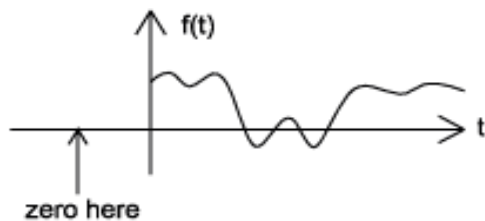
[Tüm t ler için $x(t) = x(t + T)$] denklemini karşılayan herhangi bir T değerin var olmadığı sinyale aperiyojik veya periyodik olmayan sinyal denir.



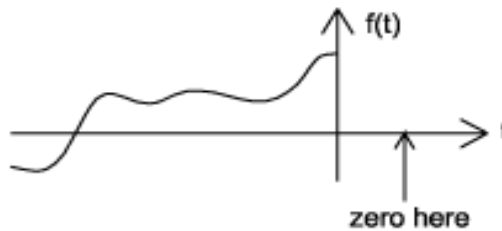
Nonperiodic sinyal

4. Causal, anti-causal ve noncausal sinyaller

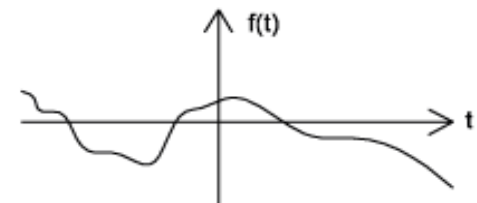
- Causal sinyaller tüm negatif zaman sıfır sinyallerdir.
- Anticausal sinyaller tüm pozitif zaman sıfır sinyallerdir.
- Noncausal sinyaller sıfırdan farklı değerlere sahip sinyallerdir



A causal signal



An anticausal signal



A noncausal signal

A) Causal systems:

Examples:

The output of casual system depends on present and past inputs, it means $y(n)$ is a function of $x(n)$, $x(n-1)$, $x(n-2)$, $x(n-3)$...etc. Some examples of causal systems are given below:

1) $y(n) = x(n) + x(n-2)$

2) $y(n) = x(n-1) - x(n-3)$

3) $y(n) = 7x(n-5)$

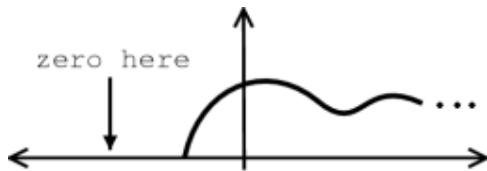
B) Anticausal or non-causal system:

Examples:

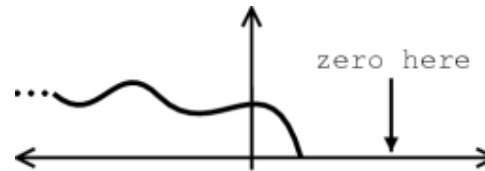
In this case, output $y(n)$ is function of $x(n)$, $x(n-1)$, $x(n-2)$...etc. as well as it is function of $x(n+1)$, $x(n+2)$, $x(n+3)$, ... etc. following are some examples of non-causal systems:

1) $Y(n) = x(n) + x(n+1)$

5. Right-Handed ve Left-Handed Sinyal



Right-handed signal
signal

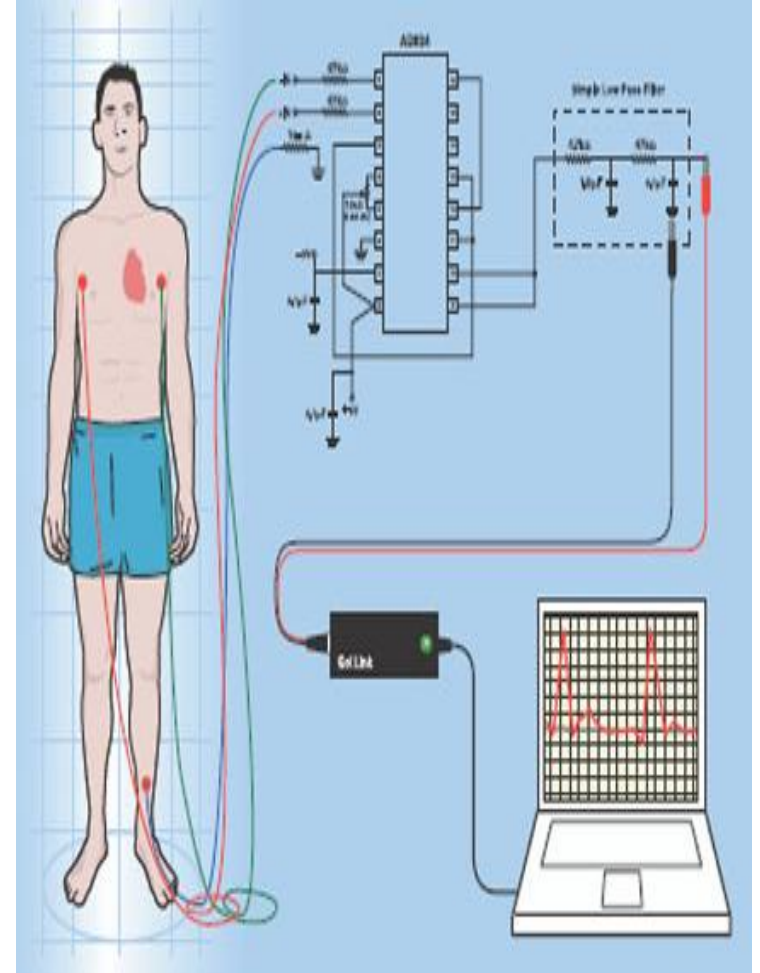


Left-handed

Biyomedikal sinyal örnekleri

1. Elektrokardiyogram (EKG)

- Kalbin elektriksel aktivitesini (kalbin ritmini, frekansını, kalp atışlarının ritmini, yayılmasını ve reaksiyonun tekrar yok olması) kaydeden cihaz
- ortalama 5-10 dk sürer



Biyomedikal sinyal örnekleri

EKG ne için kullanılır?

- Doğrudan doğruya kalp kasının kasılma şeklini gösterir.
- Kalbin ritim ve iletim bozuklukları belirlenir
- Koroner yetmezliği veya infarktüs tanısı konulabilir.
- Kalp duvarlarında kalınlaşma ve kalp boşluklarında genişleme bulguları saptanabilir.
- Elektronik kalp pilinin işlevleri değerlendirilebilir.
- Bazı kalp ilaçlarının etkileri, elektrolit dengesizliği (özellikle serum potasyum eksikliği veya fazlalığı)
- Kalp dışı hastalıkların kalbe etkileri araştırmada

2. Elektroensefalografi (EEG)

- Beynin elektriksel aktivitesinin deęerlendirilmesi amacıyla
- EEG beynin yapısal işlevlerinden çok fonksiyonel durumu hakkında bilgi verir.

EEG Hangi Nedenlerle Yapılır?

- Sara (Epilepsi) hastalığı,
- Bilinç ve algı bozuklukları,
- Unutkanlık, dikkat bozukluğu veya bunama,
- Bazı psikiyatrik hastalıklar,
- Uyku bozuklukları,
- Koma, beyin ölümü,
- Santral sinir sistemi iltihabı

- ❖ EEG /EKG aktif ve referans elektrotlar arasındaki voltaj ya da potansiyel farkı ölçer

X-Işını Görüntüleme Teknikleri

- Uzaysal çözüme gücünün yüksek olması
- Anatomik yapıyı ayrıntılı şekilde vermesinden dolayı günümüzde hala en etkin olarak kullanılan görüntüle teknikleridir

Diğer Teknikler

- x-ışının ayıramadığı patolojik yapıları ayırmada,
- yüksek çözme gücünün gerekmediği
- radyasyonun sakıncalı olduğu durumlarda kullanılır

Röntgen

- Kullanılan ışın X-ışını
- Hızları ışık hızına eşit olan em radyasyonlar geçtikleri ortama enerji transfer ederler
- Boşlukta düz bir çizgi boyunca yayılan x ışınlarının şiddetleri maddeye geçerken azalır
 - Absorbsiyon
 - Saçılma

- X- ışınının diyagnostik radyolojide kullanılmasının sağlayan temel özelliği
 - X ışınları, cam ve kurşun hariç insan vücudu, tahta, kauçuk, plastik vb bir çok maddeden kolaylıkla geçebilir
 - Dokuyu geçebilmesidir

- İnsan vücudu değişik atom ağırlıklarında, değişik kalınlıklarda ve yoğunluklarda dokulardan oluştuğu için X-ışını absorpsiyonları da farklı olacaktır
 - Farklı absorpsiyon ve girginlik sonucunda, röntgen filmi (röntgenogram) üzerine değişik oranlarda düşen x-ışınları geçtikleri vücut bölgesinin görüntüsünü oluşturur

- Görüntü siyahtan beyaz kadar değişen gri tonlardan oluşur
 - Siyah-film üzerine düşen ışın fazla
 - Beyaz film üzerine düşen ışın az
 - X ışınının zayıflaması ortamın yoğunluğuna, kalınlığına ve bileşimindeki atomların atom ağırlığına bağlıdır

Görüntünün İyileştirilmesi

- Bulanık olan görüntünün iyileştirilmesinde genellikle
 - Bucky diyaframı: Vücudu geçerken özellikle Compton saçılması yüzünden görüntünün bulanıklaşmasına neden olan ikincil fotonları soğuran kurşun şeritlerden yapılmış ızgara
 - Kontrast maddeler: örneğin, x-ışınlarını çok iyi soğuran Baryum sülfat

Röntgen Filminde Görüntü Oluşumu

- Vücudu geçen x-ışınları, üzerine gümüş bromür (AgBr) emülsiyonu sürülmüş plastik bir yapraktan ibaret olan film üzerine düşürülür
- X-ışını alan AgBr molekül bağları gevşer
- Ag ve Br birbirinden ayrılır
- Ag oksitlenerek röntgen filmi üzerindeki siyah kesimleri oluşturur
- Işın düşmemiş kesimdeki AgBr molekülleri ise film üzerinden alınır ve beyaz olan plastik baz ortaya çıkar

Bilgisayarlı Tomografi (BT/ CT)

- CT, x-ışınları yardımı ile vücuttan yatay kesitler olarak çalışan bir tanı ve teşhis cihazıdır
- Vücudun belli bölgelerinden kesitsel görüntü elde edilmesinde
- X ışını tüpüne sahiptir
 - Sabit tüp yerine Gantry (basitçe dönen bir halka) üzerine monte edilmiş bir tüp yapısı
 - Sürekli ve belli hızda dönerek şüpheli vücut bölgesinin üzeri taramış olur

- Tarama; x-ışını dedektörüne gelen veriler doğrultusunda görüntü işleme bilgisayarlarıyla CT görüntüleri oluşturulur
- CT cihazı kemikli dokuların incelenmesinde daha başarılı sonuçlar vermektedir
 - Göğüs kafesi ve batin içi

Pozitron Emisyon Teknolojisi (PET)

- Bazı radyonüklidlerin pozitron saldığı, ancak çok kararsız tanecik olan pozitronun doku içinde çok kısa bir yol (1mm) alıdığında bile elektronla çarpışarak ikisi birden yok olur
- Taneciklerin yok olması ile 2 adet gama ışını fotonu ortaya çıkmaktadır.

- Vücutun belli bir bölgesinin anatomik yapısının aksine ***fizyolojisini*** gösterir
- PET cihazı, daire şeklinde dizilmiş dedektör setlerinden oluşur
- Dedektörler vücuttan gelen ışınları (pozitron ışımaları) algılayarak dokuların kontrastlı görüntüsünü oluşturur
- Bu görüntüler bize çekim anında ışıma yapan bölgenin o andaki fizyolojisi hakkında bilgi verir

- Emisyon tekniğine dayalı görüntüleme yöntemi
PET
 - Hastaya verilen düşük dozdaki radyoaktif çekirdeklerden yayılan γ ışınlarını saptanarak vücut içerisindeki dağılımları belirleyen ve 3 boyutlu görüntülere çeviren en gelişmiş nükleer tıp yöntemidir

- PET de kullanılan pozitron yayıcı radyoaktif çekirdekler radyoaktif F-18, C-11, N-13, O-15' tir.
- PET'in en önemli özelliği
 - Henüz yapısal değişikliklerin gözlenmediği hastalığın erken dönemlerinde vücuttaki fonksiyonel/metabolik değişiklikleri saptayabilmesidir

Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG)

- Manyetizmaya (manyetik titreşime) dayanır
- Cihaz manyetik alan altında atomların manyetik alan yönüne yönelmesi ve belirli bir frekansta salınım yapmalarına dayanır
- Üzerlerine radyo dalgalarına uygulanan bu atomlar belirli bir frekansta bu radyo dalgalarını geri yansıtacaklardır. Bu yansıyan dalgaları alan MR cihazı görüntülerini oluşturur

- Cihazda bulunan güçlü mıknatıslar, insan hücrelerinde bulunan atom çekirdeklerinin titreşim yapmasını sağlayacak alanlar yaratılır
- Titreşen atomlar üzerine gönderilen RD onların salınım yapmalarını sağlayacak ve bu salınımlar sonucunda bu atomlar bir RD yayılımı yapmaya başlayacaklardır
- Bu yayımlanan dalgalar bir PC yardımıyla hareketsiz veya hareketli 3B yapıları oluşur

- Manyetik rezonans manyetik titreşim anlamına gelir
- MR cihazı protonların manyetik alan altındaki titreşimlerinden yola çıkarak oluşturulmuştur
- MR Cihazının amacı düzgün ve görüntü alabilecek bir stabil manyetik alan yaratmaktır
- Manyetik alanın en kolay yaratılabileceği yöntem mıknatıslardır

- Protonlar yani H^+ iyonları normal ortamlarda kendi eksenlerinde spin (titreşim) hareketi yaparlar.
- Bu iyonlar bir manyetik alana girdiklerinde ise manyetik alanın yönüne göre (N kutbuna) dizilme eğilimi gösterir ve
- Bu yön doğrultusunda spin hareketlerine devam ederler.
- Üzerlerine yüksek frekanslı RF dalgası uygulandığında ise protonlar RF dalgalarının bazılarını soğurur bazılarını ise yayarlar

- Bu durum protonların yoğunluk, dağılım ve dizilişlerine göre değişiklik gösterir
- İnsan vücudunun büyük kısmı sudan oluştuğu için bir çok hastalığın özellikle tümörlerin teşhisinde kullanılır

MRG Klinik Avantajları

- Yüksek yumuşak doku kontrast çözümüleme gücüne sahiptir
- Sadece aksiyel değil koronal ve sagittal düzlemlerde de inceleme olanağı sağlar
- X ışını yerine, güçlü bir manyetik alan RF dalgalarının kullanıldığından iyonizasyon radyasyon riski bulunmamaktadır

MRG Dezavantajları

- Tetkik süresinin uzun olması
- Tetkik ücretinin pahalı olması
- Hastalar için dar ve kapalı alanda uzun süre kalmak
- RF min de olsa vücutta ısı artışına yol açabilir

- MRG yumuşak dokularda başarılı sonuç verir
- Kemikli dokularda MR görüntü alınamaz
 - Kemikli dokularda yoğun olarak Ca^{+2} vardır ve bu atomun elektron dizilişinde tek elektron çiftinin olmayışı uygulanan manyetik alan altında herhangi bir eğilim göstermemesidir

H'in manyetik alan altındaki davranışı

- MR cihazının gantry bölgesinde manyetik alan şiddetinin max olduğu kürenin tam ortasıdır
- Dokular içinde buldukları manyetik alanda barındırdıkları H elementinin yoğunluğuna göre farklı tepkiler verirler
- H'in manyetik alan vektörü ile aynı yönde mevcut elektronların hareket eksenini genişleterek elips halini alır
- Bu anda H elementi artık sabit olmaktan çıkıp, salınım hareketi yapmaya başlar
- Salınım hareketinin sebebi üzerlerine uygulanan manyetik alan nedeni ile elektronların eksenlerinin değişmesi ve manyetik kutupların kaymasıdır

MRG ve BT

- BT de yoğunluk önemli iken MRG da atom dağılımı önemlidir
 - Yoğunlukları farklı olmayan yumuşak dokuları BT ayıramazken, atomik içerikleri farklı yumuşak dokular MRG yöntemiyle ayrımlanabilmektedir

Kayıt Cihazları

1. Elektrokardiyografi (ECG)
2. Elektromiyografi (EMG)
3. Elektro ensefalografi (EEG)
4. Ekspirografi
5. Fonokardiyografi
6. Pletismografi
7. Termografi
8. Tomografi
9. Ultra sonografi
10. Radiografi (x-ray)

İzleme Cihazları

1. Bed – yan monitor
2. Bio – monitor
3. Fetal monitor

Analiz Cihazları

1. Kolorimetre
2. Spektrometre
3. Flame fotometre

Veri Günlüğü Cihazı

- PC

Denetleme Araçları

1. Defibrilatör
2. Diyaliz cihazı
3. Kalp Akciğer makinesi

Electronic devices in Medicine

Block diagram of a diagnostic device

