

İşaret İşleme

- İnsan en tecrübeli işaret işlemcidir. Bir insan ses ve görüntü tanıyabilir ve konuşma sentezi gibi uygulamaları kolayca yapabilir.
- Farklı uygulamalarda birçok farklı işaret türü ile karşılaşırız.
 - Elektriksel işaretler: Voltaj, akım, manyetik ve elektrik alan...
 - Mekanik işaretler: Hız, kuvvet, yer değiştirme...
 - Akustik işaretler: Ses, titreşim...
 - Diğer işaretler: Basınç, sıcaklık...
- Gerçek hayatta karşılaştığımız işaretlerin çoğu analogdur. Analog işaretlerde zaman ve genlik süreklidir. Sensörler ve dönüştürücüler kullanılarak voltaj ve akıma dönüştürülebilirler.
- Analog devreler bu analog işaretleri direnç, bobin, kapasite, kuvvetlendirici vs. kullanarak işler.
- FM radyolarda ses işleme ve geleneksel TV düzeneklerinde video işleme işlemleri analog işlemlerdir.

Analog İşaret İşlemedeki Kısıtlamalar

- Malzeme toleransları ve istenmeyen non-lineerliklerden dolayı doğruluk sınırlıdır.
- Isı, titreşim gibi çevresel koşulların değişimi ve toleranslardan dolayı tekrarlanabilirlik düşüktür.
- Elektriksel gürültüye hassastır.
- Voltaj ve akım için dinamik çalışma sahası dardır.
- Değişikliklere karşı esnek değildir.
- Non-lineer işlemler ve zamanla değişen işlemler gibi belirli işlemleri gerçekleştirmek zordur.
- Bilgi depolamak zordur.

Sayısal İşaret İşleme

- Sayısal işaret işlemede örnekleme ya da analog-sayısal dönüşüm ile işaretler sayı dizileri ile ifade edilir.
- Sayısal bir işlemci kullanılarak bu sayı dizileri üzerinde işlemler gerçekleştirilir. Buna sayısal işaret işleme denir.
- Sayısal-analog dönüşüm ya da yeniden oluşturma işlemi ile işlenmiş dizi analog işarete dönüştürülür.



Analog giriş - analog çıkışa örnek: Müzik kaydı

Analog giriş - sayısal çıkışa örnek: Tuşlu telefon araması

Sayısal giriş - Analog çıkış: Metinden sese dönüşüm

Sayısal giriş - Analog çıkış: Bilgisayarda dosya sıkıştırma

Sayısal İşaret İşlemenin Artıları ve Eksileri

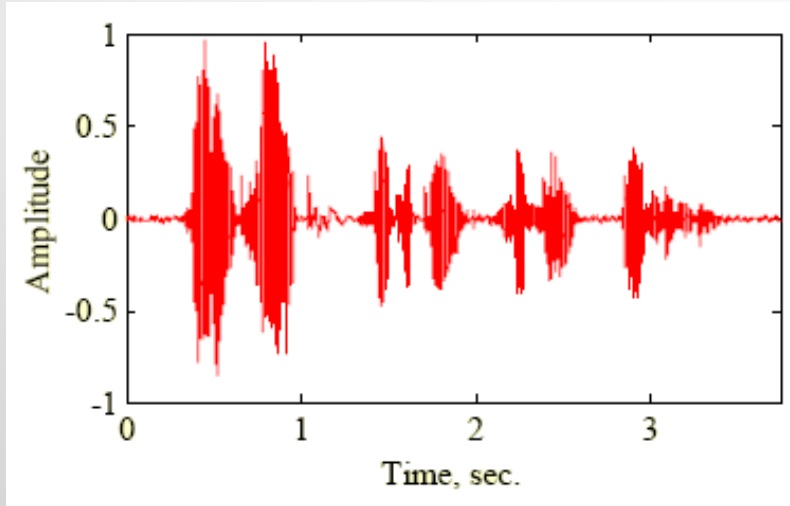
- Artılar:
- Kelime uzunluğu seçilerek doğruluk kontrol edilebilir.
- Tekrarlanabilirdir.
- Elektriksel gürültüye hassasiyet minimumdur.
- Dinamik saha kayan nokta sayılar kullanılarak kontrol edilebilir.
- Yazılım ile esneklik sağlanır.
- Non-lineer ve zamanla değişen işlemler kolayca gerçekleştirilebilir.
- Depolama maliyeti oldukça düşüktür.
- Sayısal bilgi güvenlik için şifrelenebilir.
- Maliyet, performans ve üretim süresi ayarlanabilir.
- Eksiler:
- Örnekleme işlemi bilgi kaybına neden olur.
- A/D ve D/A dönüştürücüler sabit donanımlardır.
- Hız sınırlama işlemci belirler.
- Kuantalama ve yuvarlama hataları mevcuttur.

İşaretler ve İşaret İşleme

- İşaretler günlük hayatımızda önemli bir rol oynar.
- Bir işaret zaman, uzaklık, konum, sıcaklık ve basınç gibi bağımsız değişkenlerin bir fonksiyonudur.
- Karşılaştığımız çoğu işaret doğal olarak üretilir.
- Ancak, bir işaret yapay olarak ya da bir bilgisayar aracılığıyla da üretilebilir.
- Tipik işaretlere bazı örnekler aşağıda verilmiştir.

Tipik İşaretlere Örnekler

- Ses ve müzik işaretleri – hava basıncını uzayda bir konumda zamanın bir fonksiyonu olarak temsil eder
- “I like digital signal processing” ses işaretinin dalgaşekli aşağıda gösterilmiştir.



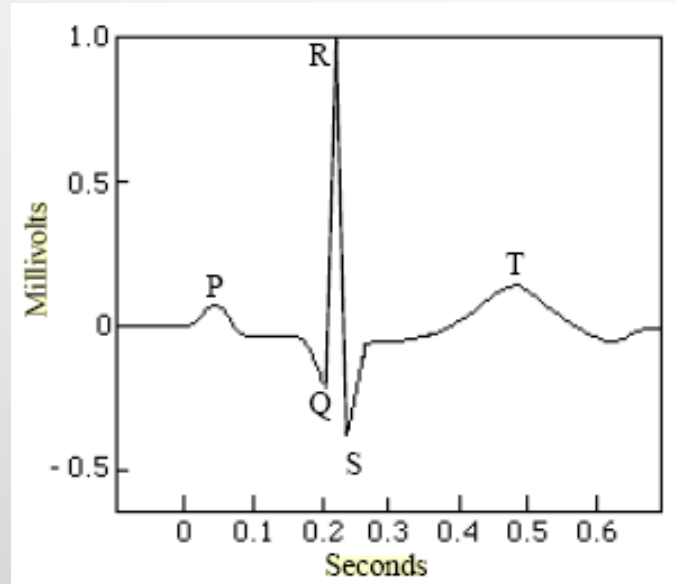
Tipik İşaretlere Örnekler

- Elektrokardiyografi (EKG) işareti – kalbin elektriksel aktivitesini temsil eder.
- Tipik bir EKG işareti aşağıda gösterilmiştir.



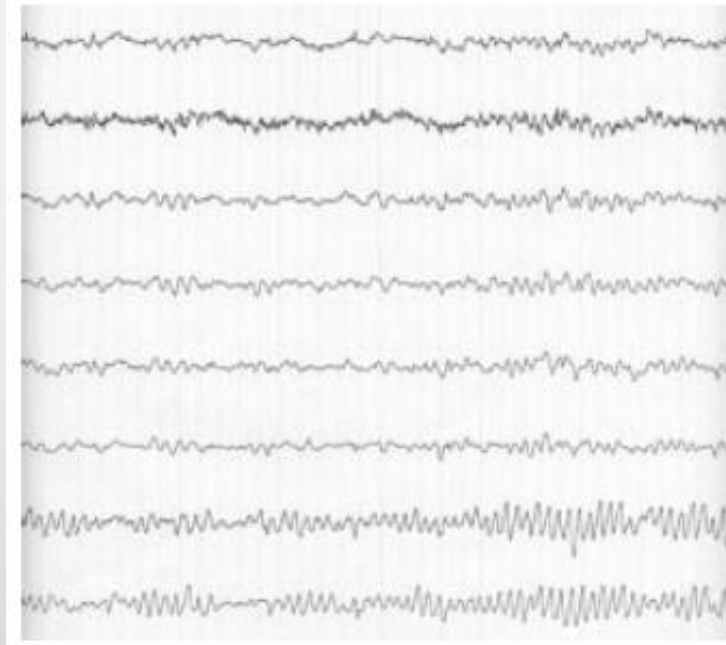
Tipik İşaretlere Örnekler

- EKG işareti periyodik bir dalgaşeklidir.
- Dalgaşeklinin aşağıda gösterilen bir periyodu, kalpten atardamarlara kan transfer işleminin bir çevrimini temsil eder.



Tipik İşaretlere Örnekler

- Elektroenselelefogram (EEG) işaretleri – beyindeki milyarlarca nöronun rastgele uyarılmasıyla oluşan elektriksel aktiviteyi temsil eder.

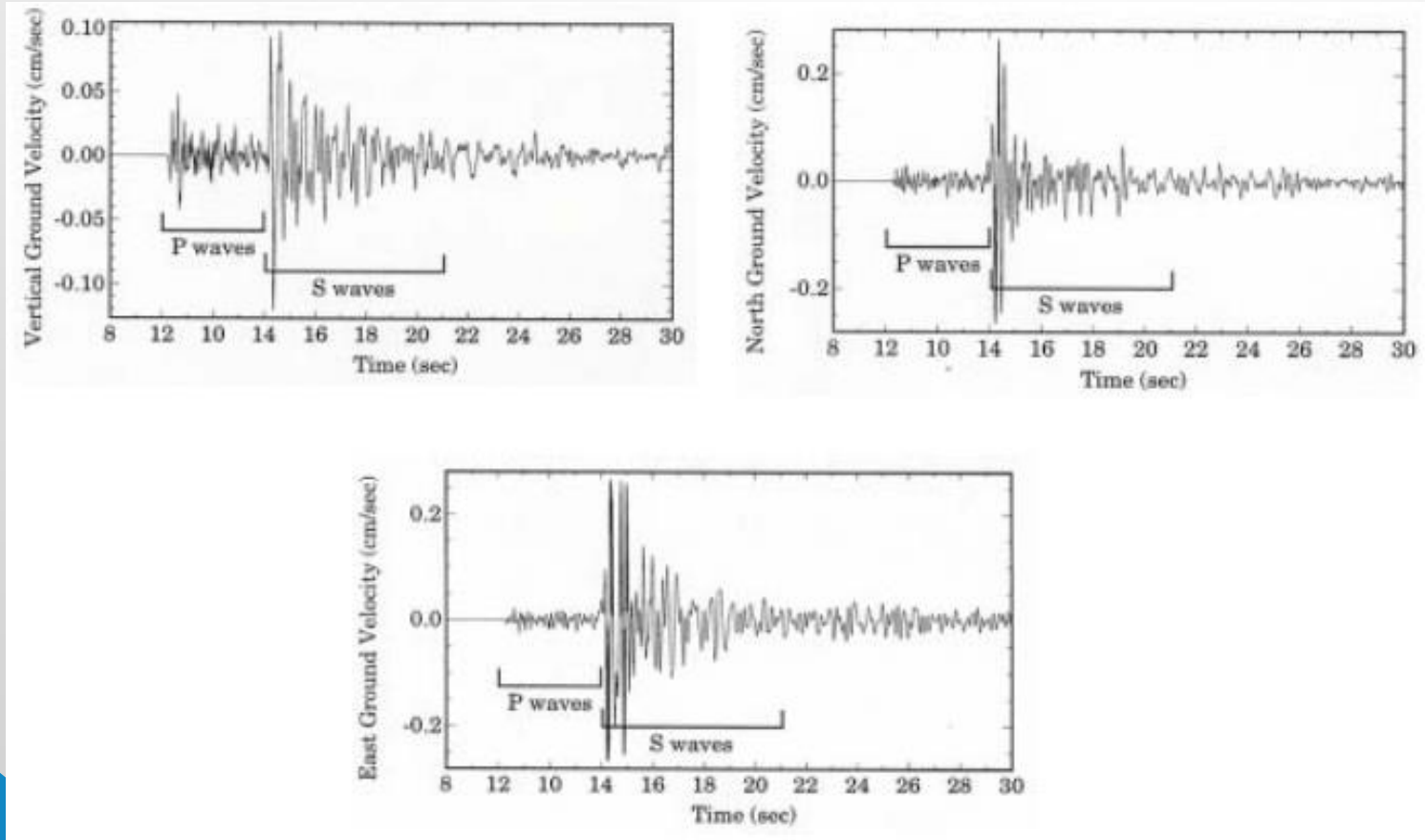


Tipik İşaretlere Örnekler

- Sismik işaretler – bir deprem, bir volkanik patlama veya bir yer altı patlamasından kaynaklanan kaya hareketleriyle oluşur.
- Yer hareketi, hareketin kaynağından başlayıp yeryüzünün katmanlarından tüm yönlerde ilerleyen üç tür elastik dalga oluşturur.

Tipik İşaretlere Örnekler

- Tipik bir sismograf kaydı aşağıda verilmiştir.



Tipik İşaretlere Örnekler

- Renksiz görüntü - ışık şiddetini iki uzamsal koordinatın bir fonksiyonu olarak temsil eder.



Tipik İşaretlere Örnekler

- Video işaretleri—çerçeve olarak adlandırılan görüntü dizilerinden oluşur ve 3 değişkenin bir fonksiyonudur: 2 uzamsal koordinat ve zaman.



Frame 1



Frame 3



Frame 5



Video

İşaretler ve İşaret İşleme

- Bir işaret bilgi taşımaktadır.
- İşaret işlemenin amacı işaretin taşıdığı faydalı bilgiyi çıkartmaktır.
- Bilgi çıkartma yöntemi, işaretin türüne ve işaretin taşıdığı bilginin doğasına bağlıdır.
- Bu ders, işaretlerin ayrık-zaman gösterilimi ve ayrık-zaman işlemlerini ele almaktadır.

İşaretlerin Temsili ve Sınıflandırılması

- İşaret türleri, bağımsız değişkenlerin ne olduğuna ve işareti tanımlayan fonksiyonun aldığı değere bağlıdır.
- Örneğin, bağımsız değişkenler sürekli veya ayrık olabilir.
- Benzer şekilde, işaret bağımsız değişkenlerin sürekli veya ayrık bir fonksiyonu olabilir.

İşaretlerin Temsili ve Sınıflandırılması

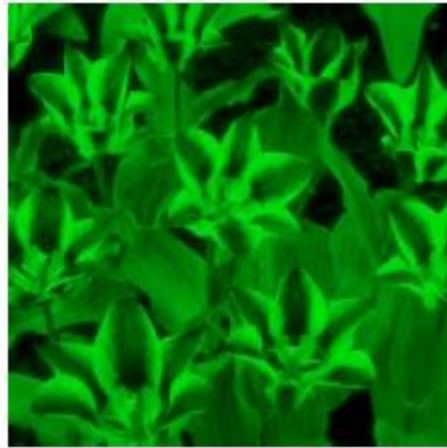
- Ayrıca, işaret gerçel veya karmaşık değerli bir fonksiyon olabilir.
- Tek bir kaynaktan üretilen işarete SKALER İŞARET denir.
- İki veya daha fazla kaynaktan üretilen işarete VEKTÖR veya ÇOK KANALLI işaret denir.

İşaretlerin Temsili ve Sınıflandırılması

- Bir boyutlu (1-D) bir işaret, tek bir bağımsız değişkenin bir fonksiyonudur
- Çok boyutlu (M-D) bir işaret, birden fazla bağımsız değişkenin bir fonksiyonudur.
- Ses işareti, bağımsız değişkenin zaman olduğu 1-D bir işarettir
- Bir görüntü işareti, bağımsız değişkenlerin uzamsal koordinatlar olduğu 2-D bir işarete örnektir.
- Renkli bir görüntü, birincil renkleri (kırmızı, yeşil, mavi) temsil eden 3 adet 2-D işareten oluşur.

İşaretlerin Temsili ve Sınıflandırılması

- Renkli bir görüntü ve görüntünün üç renk bileşeni aşağıda gösterilmiştir.



İşaretlerin Temsili ve Sınıflandırılması

- Renksiz bir sayısal video işaretinin her bir çerçevesi, her çerçeve zamanının ayırık anlarında meydana gelmek üzere ayırık 2 uzamsal değişkenin bir fonksiyonu olan 2-D bir görüntü işaretidir.
- Bu nedenle, renksiz bir video işareti 3 bağımsız değişken 2 uzamsal koordinat ve zaman olmak üzere, 3-D bir işarete bir örnek olarak düşünülebilir.
- Renkli bir video işareti, 3 birincil rengi (kırmızı, yeşil, mavi) RGB'yi temsil eden 3 adet 3-D işaretten oluşan 3-kanallı bir işarettir.
- RGB televizyon işareti, iletim amacıyla parlaklık ve 2 renk bileşininden oluşan 3-kanallı diğer bir tür işarete dönüştürülür.

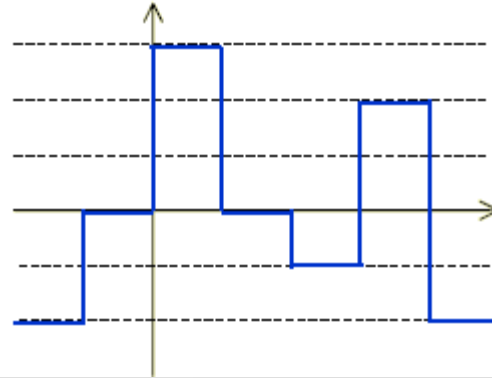
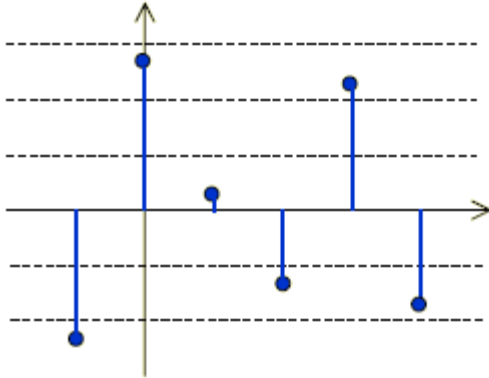
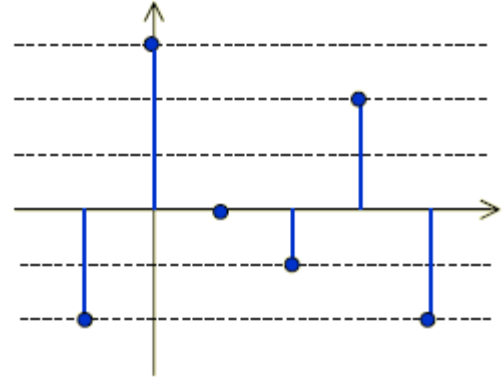
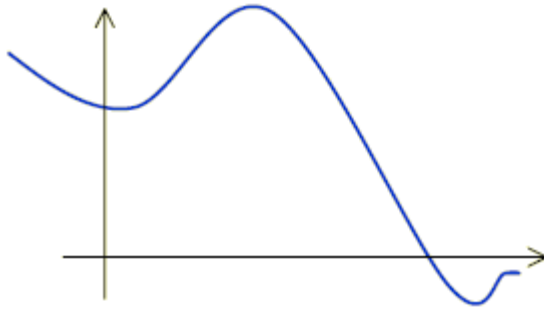
İşaretlerin Temsili ve Sınıflandırılması

- 1-D bir işaret için, bağımsız değişken genelde zaman olarak adlandırılır.
- Bağımsız değişken sürekliyse, işarete SÜREKLİ-ZAMAN işaret denir.
- Bağımsız değişken ayrıkça, işarete AYRIK-ZAMAN işaret denir.
- Bir sürekli-zaman işaret, zamanın her anında tanımlıdır. Bir ayrık-zaman işaret, zamanın belirli anlarında tanımlı olup bir sayı dizisidir.
- Sürekli genlikli bir sürekli-zaman işarete genelde ANALOG bir işaret denir. Ses işareti analog bir işarete örnektir.

İşaretlerin Temsili ve Sınıflandırılması

- Sonlu sayıda rakamla temsil edilen ayırık-genlikli bir ayırık-zaman işaretine SAYISAL işaret denilir.
- Sayısal bir işarete örnek, bir DVD'ye kaydedilmiş sayısallaştırılmış muzik işaretidir.
- Sürekli genlikli bir ayırık-zaman işaretine ÖRNEKLENMİŞ işaret denir.
- O halde, sayısal bir işaret kuantalanmış örneklenmiş bir işarettir.
- Son olarak, ayırık-genlikli sürekli-zaman işaretleriyle de karşılaşılabılır. Aşağıda, 4 işaret türüne örnekler verilmiştir.

İşaretlerin Temsili ve Sınıflandırılması



İşaretlerin Temsili ve Sınıflandırılması

- Bir işaretin matematiksel temsilindeki fonksiyonel bağımlılık genelde açık bir şekilde gösterilir.
- Sürekli-zaman 1-D bir işaret için, sürekli bağımsız değişken genelde t ile gösterilir. Örneğin $u(t)$, sürekli-zaman 1-D bir işareti temsil eder.
- Ayırık-zaman 1-D bir işaret için, ayırık bağımsız değişken genelde n ile gösterilir. Örneğin $\{v[n]\}$ ayırık-zaman 1-D bir işareti temsil eder.
- Bir ayırık-zaman işaretinin her üyesi $v[n]$ 'ye bir ÖRNEK denir.

İşaretlerin Temsili ve Sınıflandırılması

- Çoğu uygulamada, bir ayrık-zaman işaret bir sürekli-zaman işaretin zamanda düzgün aralıklarla örneklenmesiyle elde edilir.
- Ayrık-zaman işaretin tanımlandığı zamanlar düzgün aralıklıysa bağımsız ayrık değişken n , tamsayı değerler alacak şekilde normalleştirilebilir.
- Sürekli-zaman 2-D bir işaret durumunda, 2 bağımsız değişken genelde x ve y ile gösterilen uzamsal koordinatlardır.
- Örneğin, renksiz bir görüntünün (x,y) konumundaki parlaklığı $u(x,y)$ olarak ifade edilebilir.

İşaretlerin Temsili ve Sınıflandırılması

- Sayısallaştırılmış bir görüntü 2-D ayrık-zaman bir işarettir ve iki bağımsız değişkeni genelde m ve n ile belirtilen ayrıklaştırılmış uzamsal değişkenlerdir. O halde, sayısallaştırılmış bir görüntü $v[m,n]$ olarak ifade edilebilir.
- Renksiz bir video işareti 3-D bir işarettir ve $u(x,y,t)$ şeklinde temsil edilebilir.
- Renkli bir video işareti, birincil renkleri temsil eden 3 işareten oluşan bir vektör işarettir:

$$\mathbf{u}(x, y, t) = \begin{bmatrix} r(x, y, t) \\ g(x, y, t) \\ b(x, y, t) \end{bmatrix}$$

İşaretlerin Temsili ve Sınıflandırılması

- Matematiksel bir ifade ya da kural, veya tablodan okuma gibi iyi tanımlanmış bir işlemle tam olarak belirlenebilen bir işarete DETERMİNİSTİK bir işaret denir.
- Rastgele bir şekilde üretilen ve önceden kestirilemeyen bir işarete RASTGELE bir işaret denir.

Tipik İşaret İşleme Uygulamaları

- Analog işaretler durumunda, çoğu işaret işleme algoritmaları zaman uzayında yapılır.
- Ayırık-zaman işaretler durumunda, genelde hem zaman hem de frekans uzayında işlemler gerçekleştirilir.

Temel Zaman-uzayı İşlemleri

- En temel üç zaman-uzayı işlemi ölçekleme, öteleme ve toplamadır.
- ÖLÇEKLEME, bir işaretin pozitif veya negatif bir sabitle çarpılmasıdır. Analog işaretler durumunda, kazanç denen çarpım sabitinin genliği 1'den büyükse işleme KUVVETLENDİRME, aksi halde ZAYIFLATMA denir.
- $x(t)$ işareti α ile ölçeklenmişse, işlem sonucunda $y(t) = \alpha x(t)$ işareti oluşur.

Temel Zaman-uzayı İşlemleri

- Diğer temel iki işlem, İNTEGRAL ve TÜREV almadır.
- $x(t)$ analog işaretinin integrali

$$y(t) = \int_{-\infty}^t x(\tau) d\tau$$

işaretini oluşturur.

- $x(t)$ analog işareti nin türevi

$$w(t) = \frac{dx(t)}{dt}$$

işaretini oluşturur.

Temel Zaman-uzayı İşlemleri

- ÖTELEME işlemi, orijinal işaretin ötelenmiş bir kopyası olan bir işaret oluşturur.
- $x(t)$ analog işareti için, $y(t) = x(t-t_0)$, $x(t)$ 'nin pozitif olduğu varsayılan t_0 kadar süreyle ötelenmesiyle elde edilen işarettir.
- t_0 süresi negatifse, işleme İLERLETME denir.

Temel Zaman-uzayı İşlemleri

- Çoğu uygulama, yeni bir işaret oluşturmak amacıyla iki veya daha fazla işaret içeren işlemler gerektirir. Örneğin, $y(t) = x_1(t) + x_2(t) + x_3(t)$ ile verilen işaret $x_1(t)$, $x_2(t)$ ve $x_3(t)$ analog işaretlerinin toplanmasıyla oluşturulur.
- $x_1(t)$ ve $x_2(t)$ işaretlerinin çarpımı $y(t) = x_1(t) x_2(t)$ işaretini oluşturur.
- Şimdiye kadar tartışılan temel işlemler, ayrık-zaman işaretler üzerinde de uygulanır.
- Daha karmaşık işlemler, iki veya daha fazla basit işlemin birleştirilmesiyle gerçekleştirilir.

Filtreleme

- FİLTRELEME, en sık kullanılan karmaşık işaret işleme yöntemlerinden birisidir. Bu işlemi gerçekleştiren sisteme bir FİLTRE denir.
- Bir filtre, belirli frekans bileşenlerini bozunumsuz geçirirken diğer frekans bileşenlerini bastırır.
- Filtreden geçmeye izin verilen frekans aralığına GEÇİRME bandı, filtrenin bastırdığı frekans aralığına da SÖNDÜRME bandı denir.
- Çoğu durumda, analog işaretler için filtreleme işlemi doğrusaldır.

Filtreleme

- $x(t)$ giriş işareti, $y(t)$ çıkış işareti ve $h(t)$ filtrenin impuls yanıtı olmak üzere, doğrusal bir analog filtreleme işlemi

$$y(t) = \int_{-\infty}^{\infty} h(t - \tau)x(\tau)d\tau$$

eşitliğiyle verilen konvolüsyon integraliyle tanımlanır.

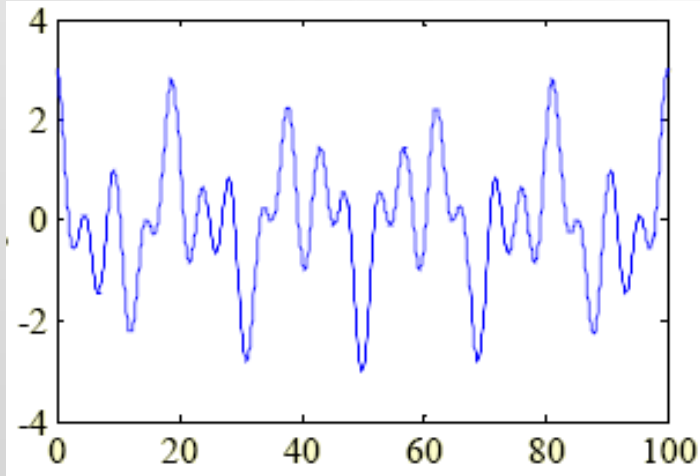
- Dört tür temel filtre mevcut olup tanımları aşağıda yapılmıştır.

Filtreleme

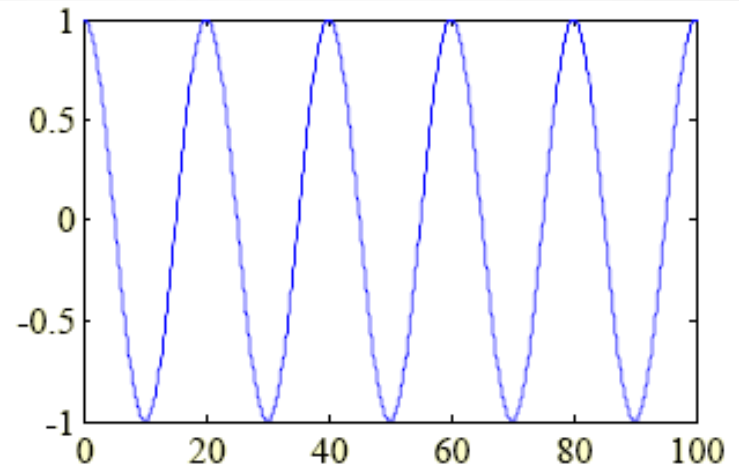
- ALÇAK GEÇİREN bir filtre, KESİM FREKANSI denen belirli bir frekans f_c 'den küçük frekansları geçirir, f_c 'den büyük frekansları bastırır.
- YÜKSEK GEÇİREN bir filtre, belirli bir kesim frekans f_c 'den küçük frekansları bastırır, f_c 'den büyük frekansları geçirir.
- BAND GEÇİREN bir filtre, $f_{c1} < f_{c2}$ olmak üzere, iki kesim frekansı f_{c1} ve f_{c2} arasındaki frekansları geçirir, f_{c1} 'den küçük ve f_{c2} 'den büyük frekansları bastırır.
- BAND SÖNDÜREN bir filtre, $f_{c1} < f_{c2}$ olmak üzere, iki kesim frekansı f_{c1} ve f_{c2} arasındaki frekansları bastırır, f_{c1} 'den küçük ve f_{c2} 'den büyük frekansları geçirir.

Filtreleme

- Aşağıdaki şekil, 50 Hz, 110 Hz ve 220 Hz frekansına sahip sinüzoidal 3 işaretten oluşan bir giriş işaretinin alçak geçiren filtrelenmesiyle oluşan sonucu göstermektedir.



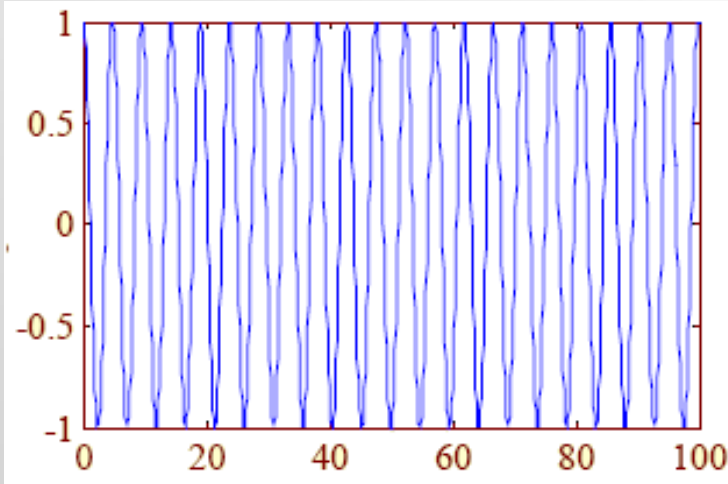
Giriş işareti



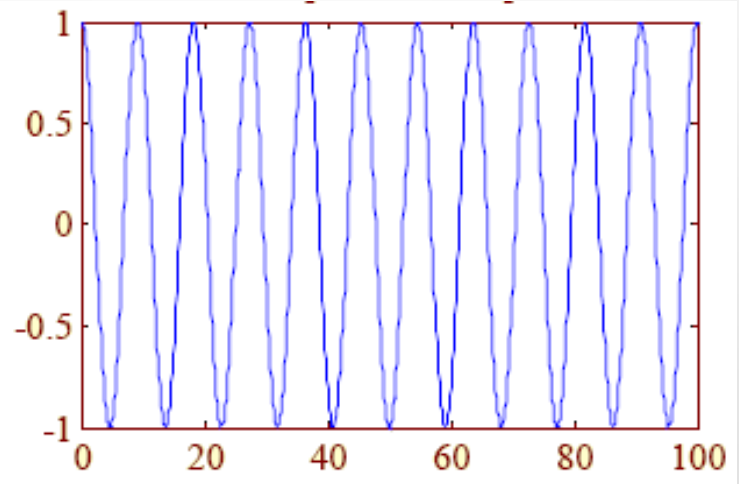
Kesim frekansı 80Hz
olan AGF çıkışı

Filtreleme

- Aşağıdaki şekil, aynı işaretin yüksek ve band geçiren filtrelenmesiyle elde edilen sonuçları göstermektedir.



Kesim frekansı 150Hz
olan YGF çıkışı



Kesim frekansları 80Hz
ve 150 Hz olan BGF çıkışı

Filtreleme

- Yukarıda verilen dört tür filtreden başka tür filtreler de vardır.
- Tek bir frekans bileşenini bastıran filtreye ÇENTİK filtre denir
- ÇOK BANDLI bir filtrenin birden fazla geçirme ve södürme bandı vardır.
- TARAK filtre, bir düşük frekansın tamsayı katsayılarını bastırır.

Karmaşık İşaretlerin Üretilmesi

- Bir işaret gerçel ve karmaşık değerli olabilir. İlk durumdaki işaretler GERÇEL, ikinci durumdaki işaretlere KARMAŞIK işaret denir.
- HİLBERT DÖNÜŞTÜRÜCÜSÜ kullanılarak, gerçel bir işaretten karmaşık bir işaret üretilebilir.
- Hilbert dönüştürücüsünün impuls yanıtı aşağıdaki eşitlikle verilir:

$$h_{HT}(t) = \frac{1}{\pi t}$$

Karmaşık İşaretlerin Üretilmesi

- Sürekli-zaman Fourier dönüşümü (CTFT) $X(j\Omega)$ aşağıda verilen gerçel bir işaret $x(t)$ 'yi ele alalım.

$$X(j\Omega) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t)e^{-j\Omega t} dt$$

- $X(j\Omega)$ 'ya $x(t)$ 'nin SPEKTRUMU denir. Gerçel bir işaretin genlik spektrumu çift, faz spektrumu ise tek bir işarettir. Gerçel bir işaretin spektrumu pozitif ve negatif frekanslar içerdiğinden $X_p(j\Omega)$ ve $X_n(j\Omega)$, $X(j\Omega)$ 'nın sırasıyla pozitif ve negatif frekans aralığını kapsayan kısımları olmak üzere, aşağıda verilen eşitlik yazılabilir:

$$X(j\Omega) = X_p(j\Omega) + X_n(j\Omega)$$

Karmaşık İşaretlerin Üretilmesi

- $x(t)$ bir Hilbert dönüştürücüsüne uygulanırsa çıkışta $\hat{x}(t)$ oluşur:

$$\hat{x}(t) = \int_{-\infty}^{\infty} h_{HT}(t - \tau)x(\tau)d\tau$$

- $\hat{x}(t)$ 'nin spektrumu $\hat{X}(j\Omega)$, $h_{HT}(t)$ ve $x(t)$ 'nin spektrumlarının çarpımına eşittir. $h_{HT}(t)$ 'nin spektrumu

$$H_{HT}(j\Omega) = \begin{cases} -j, & \Omega > 0 \\ j, & \Omega < 0 \end{cases}$$

olduğundan $\hat{X}(j\Omega)$ aşağıda verilen eşitlikten elde edilebilir:

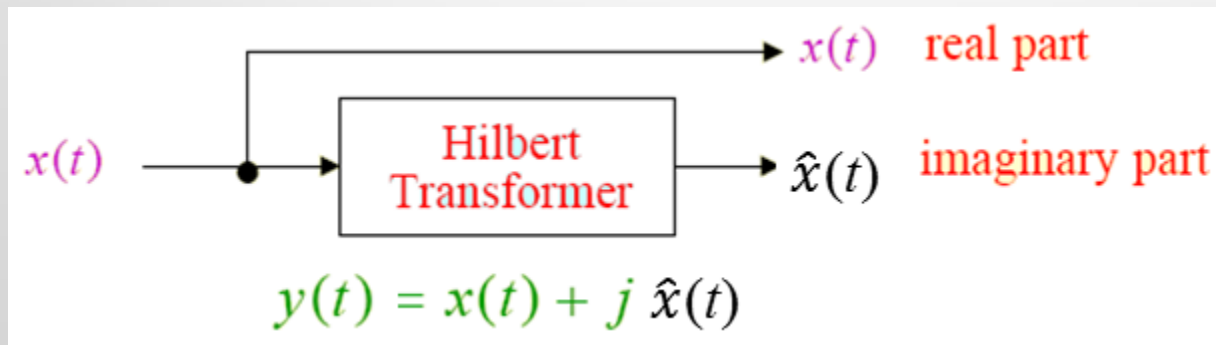
$$\begin{aligned} \hat{X}(j\Omega) &= H_{HT}(j\Omega)X(j\Omega) \\ &= -jX_p(j\Omega) + jX_n(j\Omega) \end{aligned}$$

Karmaşık İşaretlerin Üretilmesi

- $\hat{x}(t)$ 'de gerçel bir işarettir. $y(t) = x(t) + j\hat{x}(t)$ ile verilen karmaşık işareti ele alalım. $y(t)$ 'nin spektrumu aşağıdaki eşitlikten bulunur:

$$Y(j\Omega) = X(j\Omega) + j \hat{X}(j\Omega) = 2X_p(j\Omega)$$

- Diğer bir deyişle, ANALİTİK bir işaret adlandırılan karmaşık işaret $y(t)$ sadece pozitif frekans bileşenlerine sahiptir.



Modülasyon ve Demodülasyon

- Düşük frekanslı bir işaretin bir haberleşme kanalı üzerinden etkin bir şekilde iletilebilmesi için bir modülasyon işlemi aracılığıyla işaretin yüksek frekanslı bir işarete dönüştürülmesi gereklidir.
- Alıcı tarafta, modülasyonlu yüksek frekanslı işarete demodülasyon işlemi uygulanarak iletilen düşük frekanslı işaret geri elde edilir.
- Analog işaretlerin modülasyonu için dört yöntem vardır:
 - (1) Genlik modülasyonu
 - (2) Frekans modülasyonu
 - (3) Faz modülasyonu
 - (4) Darbe genlik modülasyonu

Genlik Modülasyonu

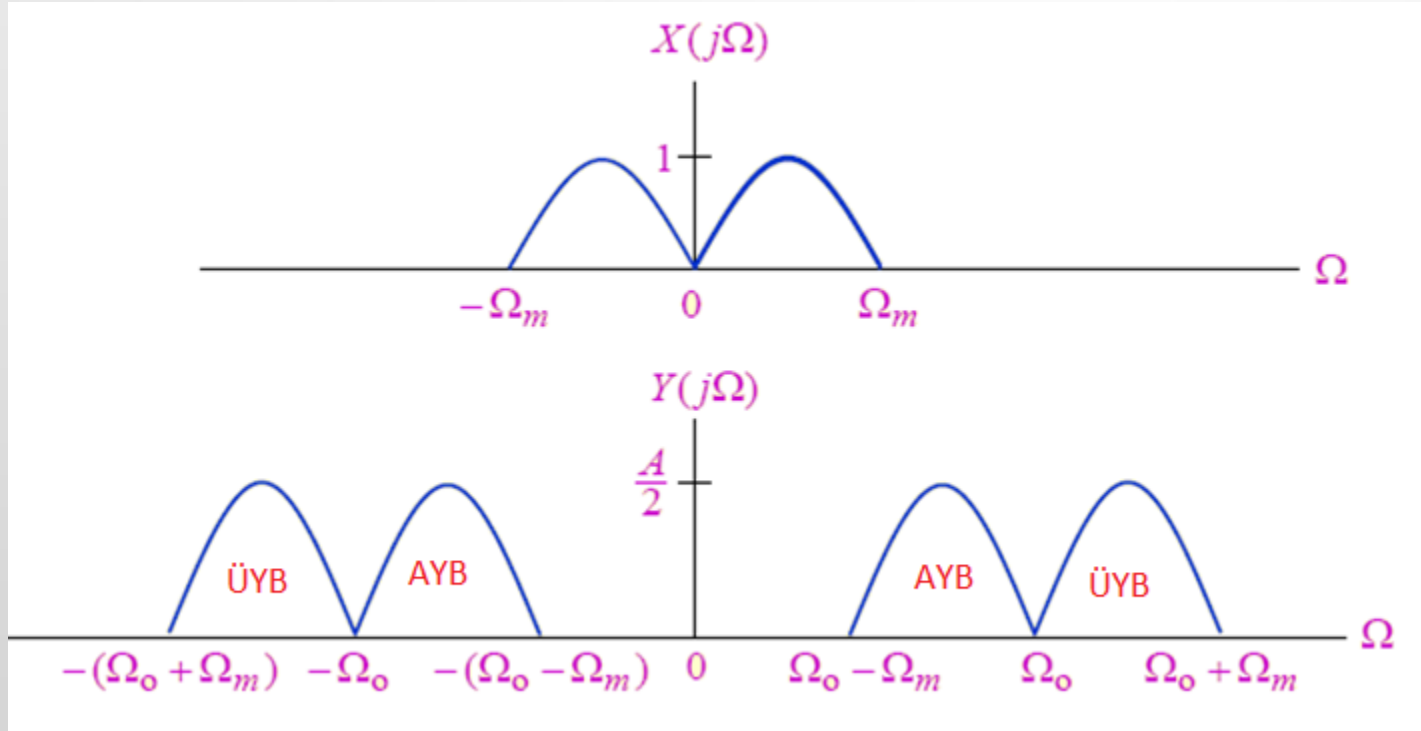
- Genlik modülasyonunda TAŞIYICI denen yüksek frekanslı sinüzoidal bir işaret $A\cos(\Omega_0 t)$ 'nin genliği, BİLGİ işareti denen düşük frekanslı bir $x(t)$ işaretiyle değiştirilir. Bu işlem MODÜLASYONLU işaret denen yüksek frekanslı bir işaret oluşturur: $y(t) = A\cos(\Omega_0 t) x(t)$.
- Frekans öteleme özelliğini göstermek için, $\Omega_1 \ll \Omega_0$ olmak üzere, $x(t) = \cos(\Omega_1 t)$ olsun. $y(t)$ ve $y(t)$ 'nin spektrumu aşağıdaki eşitliklerden hesaplanabilir:

$$y(t) = A\cos(\Omega_1 t) \cdot \cos(\Omega_0 t)$$

$$Y(j\Omega) = \frac{A}{2} X(j(\Omega - \Omega_0)) + \frac{A}{2} X(j(\Omega + \Omega_0))$$

Genlik Modülasyonu

- Bilgi işareti ve modülasyonlu işaretin spektrumu aşağıda verilmiştir:



Çift-Yan Bant Bastırılmış Taşıyıcılı Genlik
Modülasyonu

Genlik Modülasyonu

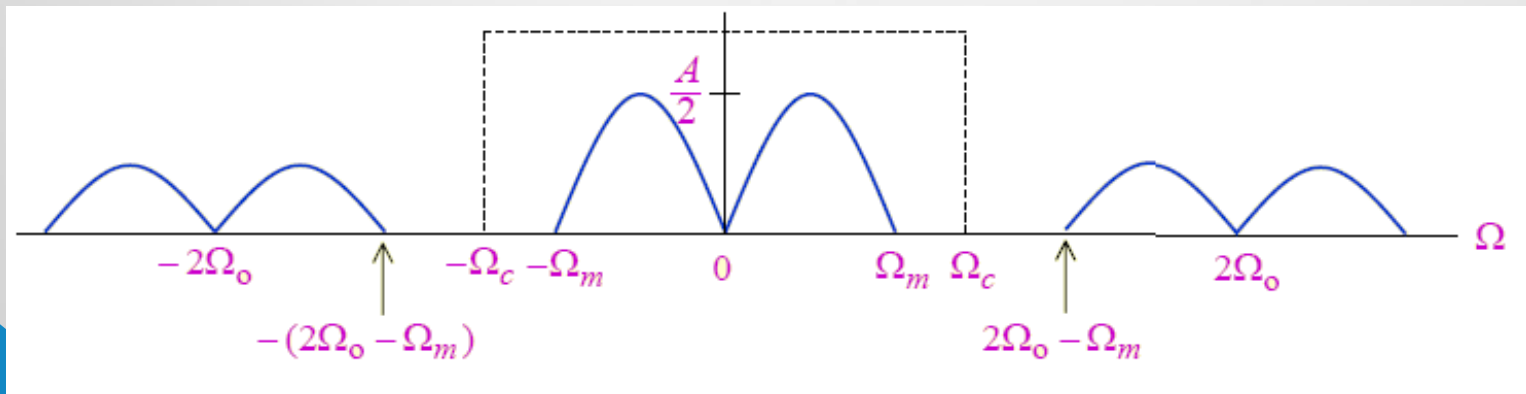
- Şekilden görüldüğü gibi, modülasyonlu işaret $y(t)$, merkezi Ω_0 frekansı olan $2\Omega_m$ bandgenişlikli bandsınırlı yüksek frekanslı bir işarettir. Modülasyonlu işaretin Ω_0 ile $\Omega_0 + \Omega_m$ frekansları arasında kalan kısmına ÜST YAN BAND, Ω_0 ile $\Omega_0 - \Omega_m$ frekansları arasında kalan kısmına ise ALT YAN BAND denir.
- İki yan band oluştuğundan ve taşıyıcı mevcut olmadığından bu yönteme literatürde TAŞIYICISI BASTIRILMIŞ ÇİFT YAN BANDLI (SC-DSB) modülasyon denmiştir.

Genlik Demodülasyonu

- Bilgi işaretini geri elde etmek yapılan demodülasyon işlemi iki adımdan oluşur: İlk önce, $y(t)$ taşıyıcı ile aynı frekanslı sinüzoidal bir işaretle çarpılır:

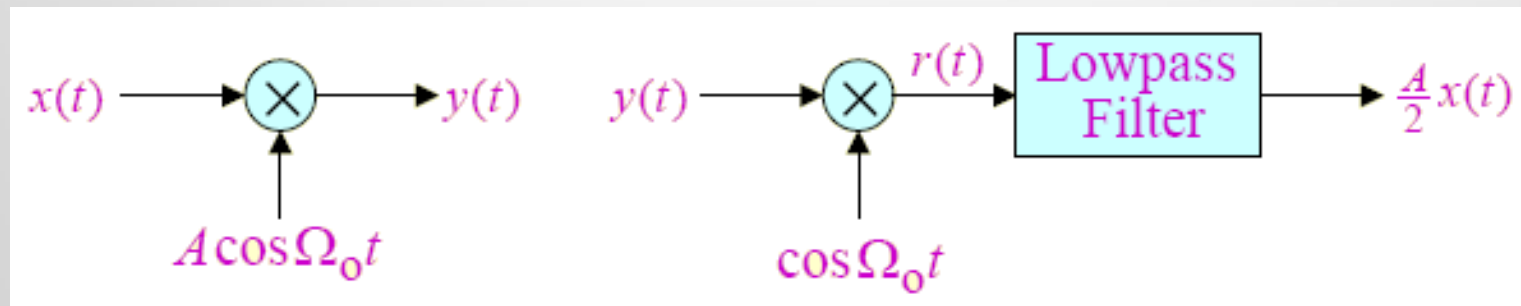
$$\begin{aligned} r(t) &= y(t) \cos \Omega_o t = A x(t) \cos^2 \Omega_o t \\ &= \frac{A}{2} x(t) + \frac{A}{2} x(t) \cos(2\Omega_o t) \end{aligned}$$

- $r(t)$ 'nin spektrumu aşağıda verilmiştir:



Genlik Demodülasyonu

- Daha sonra, $r(t)$ 'den $x(t)$ 'yi elde etmek için $r(t)$, kesim frekansı Ω_c , $\Omega_m < \Omega_c < 2\Omega_0 - \Omega_m$ eşitsizliklerini sağlayan alçak geçiren bir filtreden geçirilir.
- Modülasyon ve demodülasyon işlemlerinin blok diyagram gösterilimleri aşağıda verilmiştir.



Genlik Modülasyonu (Çift Yan Bant)

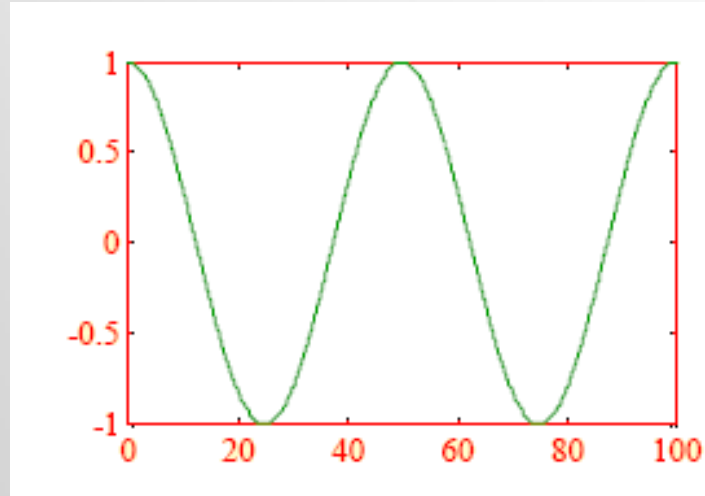
- Pratikte, demodülasyonda kullanılan sinüzoidal işaretin frekansının taşıyıcı frekansına eşit olmasını sağlamak zordur. Bu problemin üstesinden gelmek için, modülasyon işlemi modülasyonlu işaret taşıyıcıyı da içerecek şekilde değiştirilir.
- Bu işlem, m katsayısı tüm t değerleri için $[1+mx(t)] > 0$ olacak şekilde seçilen bir sayı olmak üzere genlik modülasyonlu işaret aşağıdaki gibi yeniden tanımlanarak yapılır:

$$y(t) = A[1 + m x(t)] \cos(\Omega_0 t)$$

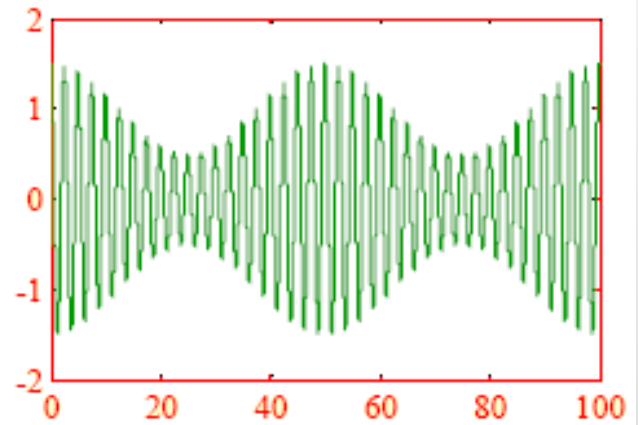
- Modülasyonlu işarete taşıyıcı da mevcut olduğundan bu işleme ÇİFT YAN BAND (DSB) modülasyonu denir.

Genlik Modülasyonu

- Aşağıdaki şekilde, 20 Hz frekanslı sinüzoidal bir bilgi işareti ve $m = 0.5$ için DSB yöntemi kullanılarak elde edilen 400 Hz taşıyıcı frekanslı genlik modülasyonu işaret gösterilmiştir.



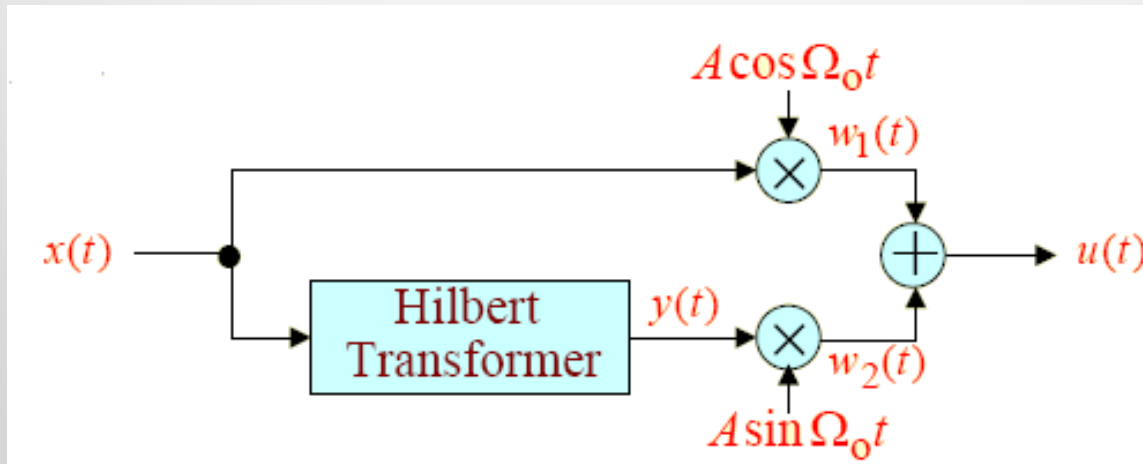
Bilgi işareti



Modülasyonlu işaret

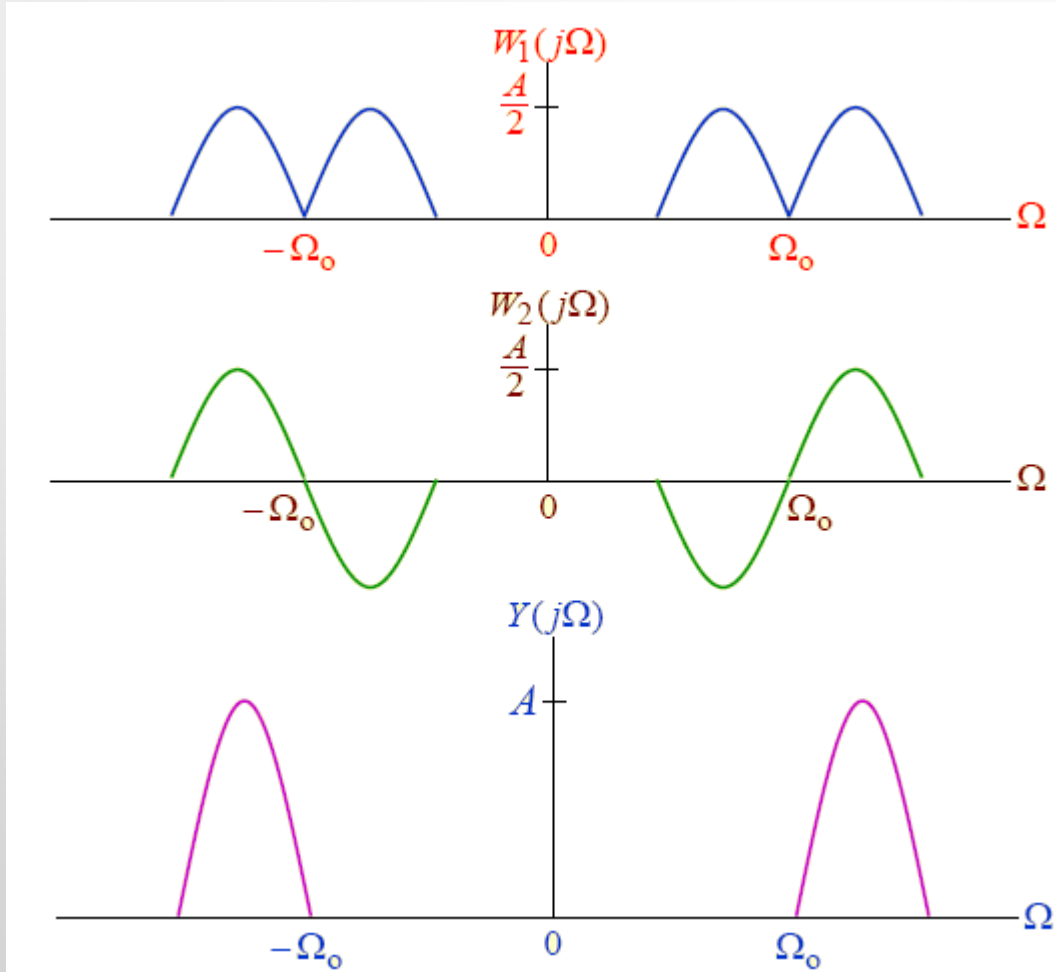
Genlik Modülasyonu

- Geleneksel DSB genlik modülasyonu durumunda, bilgi işaretinin bandgenişliği Ω_m iken modülasyonlu işaretinki $2\Omega_m$ 'dir. İletim kapasitesini arttırmak amacıyla modülasyonlu işaretin sadece alt veya üst yan bandı iletilir.
- Karşılık gelen işleme TEK YAN BAND (SSB) modülasyonu denir ve nasıl yapılabileceği aşağıda gösterilmiştir.



Genlik Modülasyonu

- SSB modülasyon yönteminde ilgili işaretlerin spektrumları aşağıda verilmiştir.



DSP'nin Üstünlükleri

- Filtre karakteristiklerinde sapmaların oluşmaması: filtre katsayıları hafızada saklanan ikili tabanda katsayılar olduğundan çevre ve sıcaklık gibi harici parametrelerden etkilenmezler.
- İyileştirilmiş kalite seviyesi: İşlemenin kalitesi sadece ekonomik kısıtlardan etkilenir. Veriyi/katsayıları temsil etmede kullanılan bit sayısı arttırılarak istenilen kalite elde edilebilir. Temsilde 1 bit arttırmak SNR'da 6 dB iyileşmeye neden olur.
- Aynı sonucun tekrar elde edilebilmesi: Parametre toleransları sistem performansını etkilemez. Cihazın ömrü boyunca kalibrasyona gerek yoktur.
- Yeni fonksiyon geliştirme kolaylığı: Uyarlanır ve programlanabilir filtreleri tasarlamak ve gerçekleştirmek kolaydır.

DSP'nin Üstünlükleri

- Çoğullama: Aynı düzenek birkaç işaret tarafından paylaşılabilir, dolayısıyla ekonomik kazanım sağlanır.
- Modülerlik: Gerçekleştirme için standard sayısal devreler kullanılır.
- VLSI ve ULSI teknolojileri kullanılarak tek çip gerçekleştirme
- Yükleme etkisinin oluşmaması

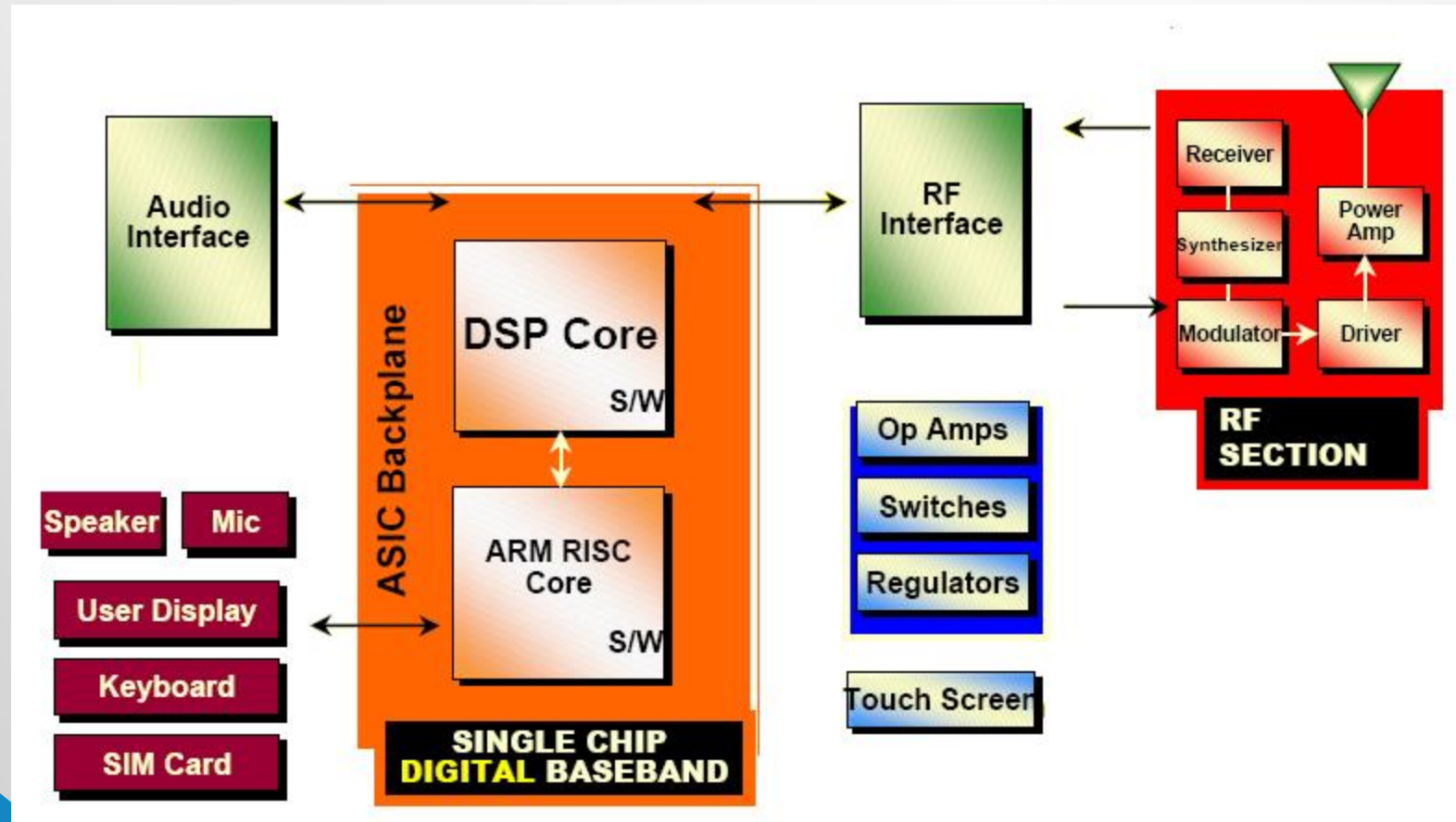
DSP'nin Eksiklikleri

- Daha az güvenilirlik: sayısal sistemler aktif cihazlar olduğundan daha fazla güç kullanırlar ve daha az güvenilirdirler.
- Sınırlı çalışma frekansı aralığı: Frekans aralığı, gerçekleştirilebilecek ve kullanılabilecek maksimum hesaplama kapasitesine karşılık gelen değerlere sınırlıdır.
- Analog işaretlerin işlenmesinde ilave karmaşıklık: Gerekli analog-sayısal (A/D) ve sayısal-analog (D/A) dönüştürücüler toplam sistem karmaşıklığını artırır.

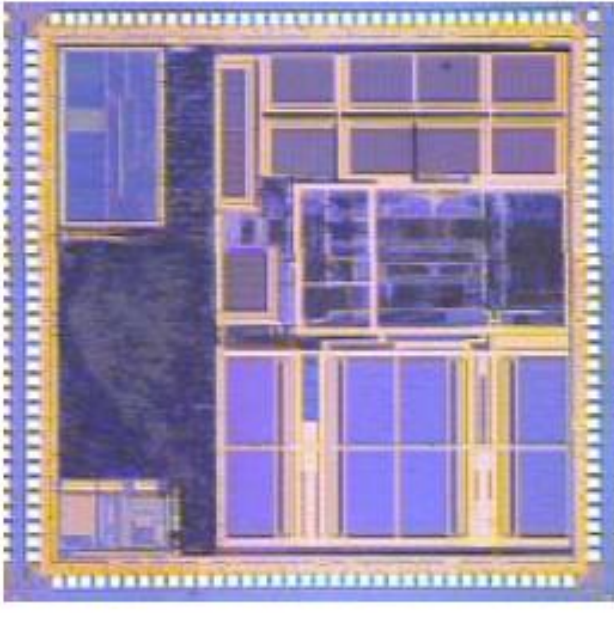
DSP Uygulama Örnekleri

- Cep telefonu
- Ayırık çoklu ton iletim
- Sayısal fotoğraf makinesi ve kamera
- Sayısal ses sentezi
- İşaret kodlama ve sıkıştırma
- İşaret iyileştirme

Cep Telefonu Blok Diyagramı



Bir Chip Üzerindeki Cep Telefonu Sistemi



- 100-200 MHz DSP + MCU
- ASIC lojik
- Yoğun hafıza
- Analog arayüz