

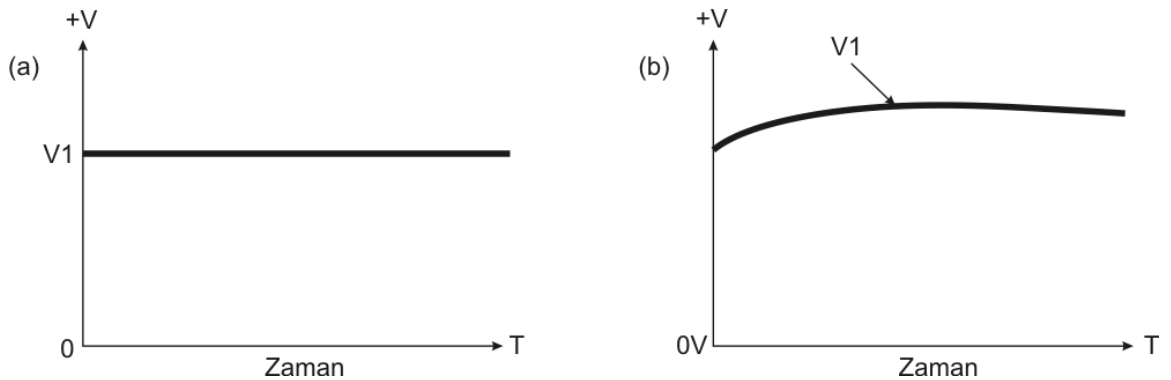
3. İŞARET ve GÜRÜLTÜ

3.1 İşaret Çeşitleri

- **İşaret**; **genlik, frekans ve faz** bileşenleriyle bilgi taşımaktadır.
- İşaret **zaman ve frekans** düzleminde incelenir.
- Zaman düzleminde sınıflar: **statik, hemen hemen statik (quasistatik), periyodik, tekrarlayan, geçici ve rasgele.**

3.1.1 Statik ve Hemen Hemen Statik İşaretler

- Statik bir işaret, çok uzun bir zaman aralığında değişim göstermeyen bir işarettir.
- Hemen hemen statik, neredeyse değişmeyen işarettir.



Şekil 3.1. İşaret Çeşitleri: a) statik, b)hemen hemen statik (quasistatik) işaretler

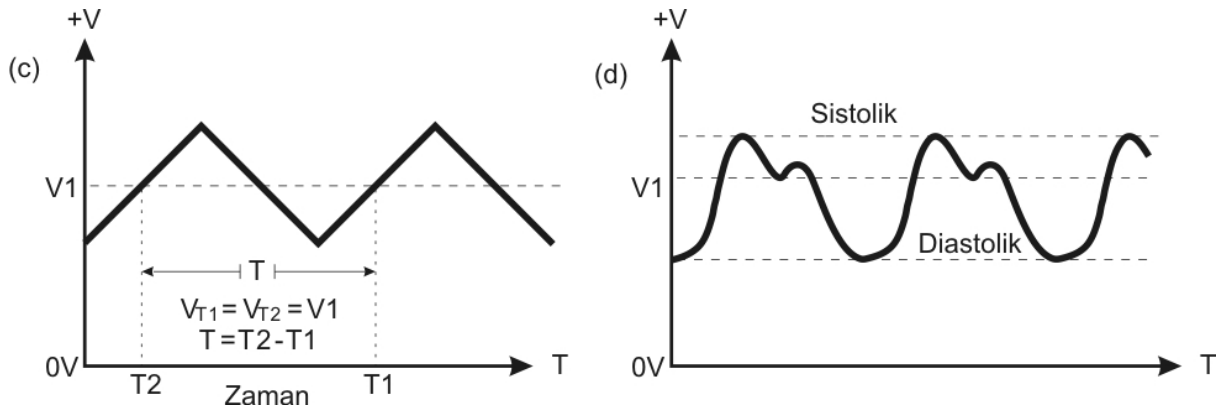
3.1.2 Periyodik İşaretler

- Periyodik bir işaret düzenli bir şekilde kendi kendini tekrarlayan işaret demektir (sinüs, kare gibi)

$$V(t) = V(t+T) \quad (3.1)$$

3.1.3 Tekrarlayan İşaretler

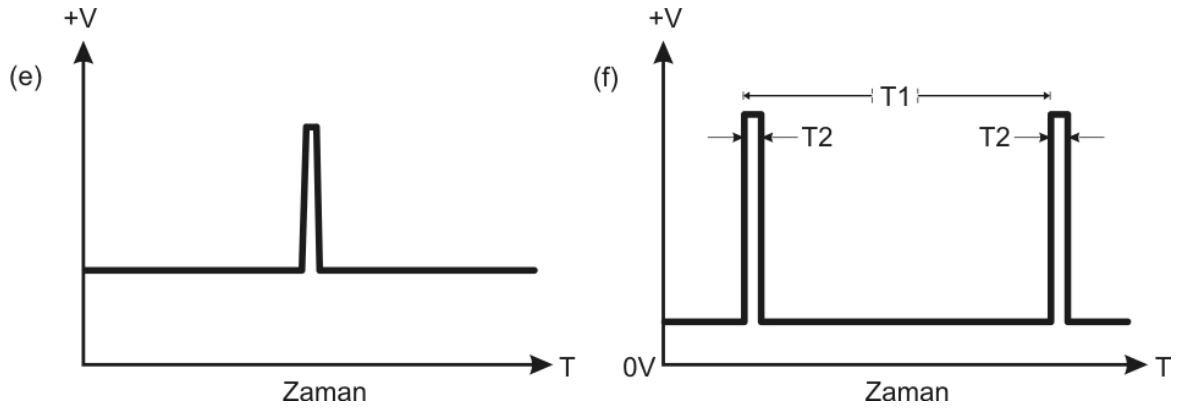
- Tekrarlayan bir işaret hemen hemen periyodiktir.
- Tekrarlayan ve periyodik dalga arasındaki temel fark $f(t)$ ve $f(t+T)$ işaretlerinin karşılaştırılmasıyla ortaya çıkar.



Şekil 3.1. İşaret Çeşitleri: c) periyodik, d) tekrarlayan işaretler

3.1.4 Geçici İşaretler

- Geçici bir işaret, ya tek sefer gerçekleşen bir olay ya da dalga şeklinin periyoduna göre çok kısa süren bir periyoda sahip tekrarlayan bir olaydır.



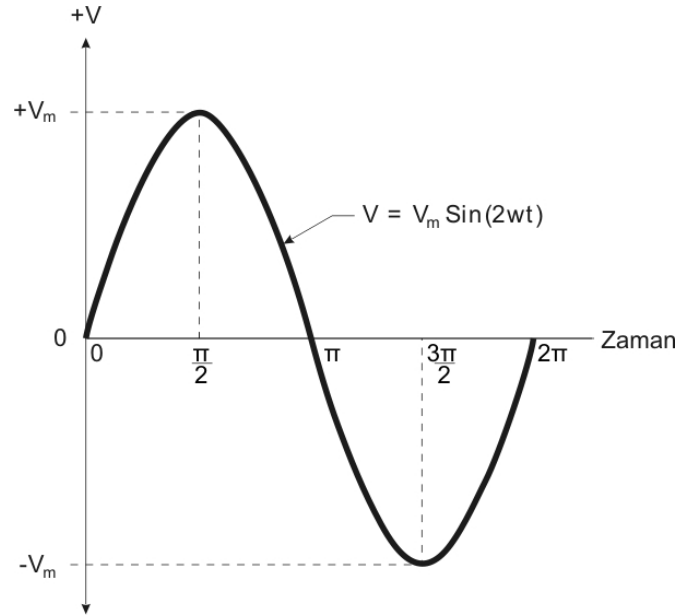
Şekil 3.1. İşaret Çeşitleri: e) tek vuruşlu geçici, f) tekrarlayan geçici yada hemen hemen geçici

3.2 Fourier Serileri

- Bütün sürekli periyodik işaretler temel frekans bileşenine sahip bir sinüs dalgası ve o temel sinüs dalgasının harmoniklerinden oluşmuş bir dizi sinüs dalgasının doğrusal toplamı şeklinde ifade edilebilir.

- Temel sinüs dalgası aşağıdaki şekilde tanımlanır;

$$V = V_m \sin(2\omega t) \quad (3.2)$$



Şekil 3.2 Sinüs dalga şekli

Şekil 3.2'deki sinüs dalgasında 0 ile 2π arası bir periyottur (T) ve $T = 2\pi / \omega = 1/f$ (f , frekans) şeklinde tanımlanır.

- Herhangi bir dalga şekli için Fourier serileri aşağıdaki şekilde ifade edilebilir.

$$f(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos(n\omega t) + b_n \sin(n\omega t)) \quad (3.3)$$

Burada; a_n ve b_n : Harmoniklerin genliği (aşağıya bakınız)

n : tamsayı

Genlik katsayıları (a_n ve b_n) aşağıdaki formülle ifade edilir;

$$a_n = \frac{2}{T} \int_0^T f(t) \cos(n\omega t) dt \quad (3.4)$$

ve

$$b_n = \frac{2}{T} \int_0^T f(t) \sin(n\omega t) dt \quad (3.5)$$

Fourier serisinin bir başka alternatif ifadesinde $a_n \cos(n\omega t) + b_n \sin(n\omega t)$ ifadesi eşdeğer başka bir ifadeyle yer değiştirmektedir;

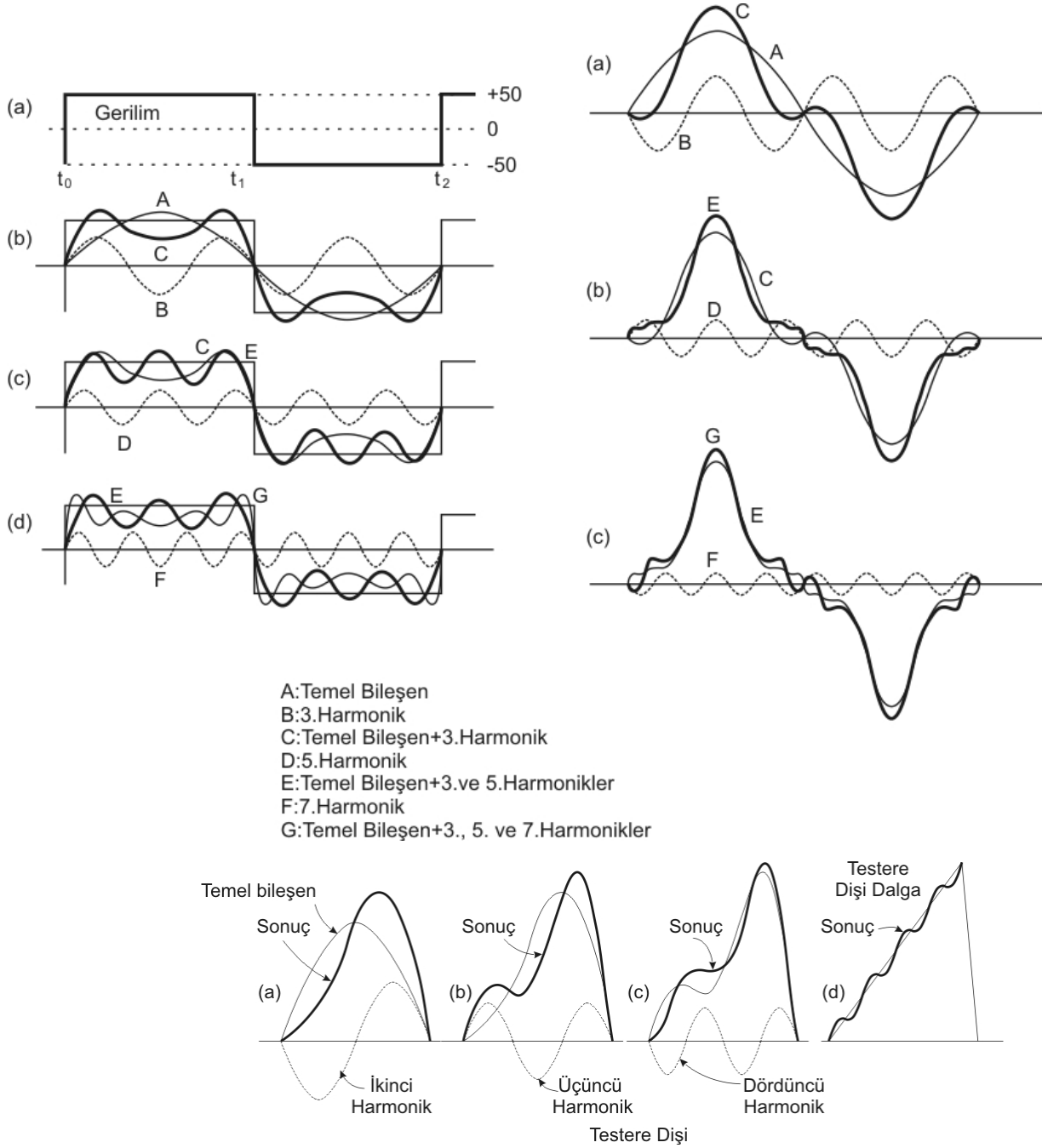
$$f(t) = \sum_{n=1}^{\infty} C_n \cos(n\omega t - \Phi_n) \quad (3.6)$$

Burada;

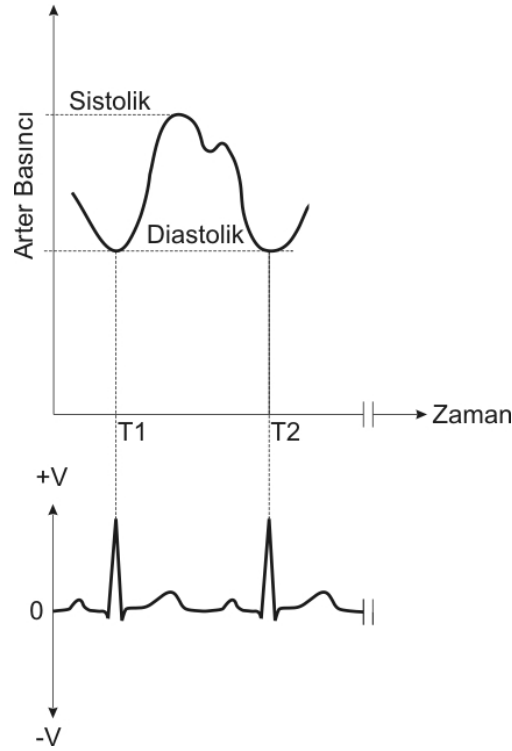
$$C_n = \langle (a_n)^2 + (b_n)^2 \rangle^{1/2}$$

$$\Phi_n = \arctan\left(\frac{a_n}{b_n}\right)$$

- Bütün dalga şekillerinde harmonik bileşenler sonsuza kadar sürer.
- Pratik bir sistemde bant genişliği hiçbir zaman sonsuz değildir.
- Bazı standartlara göre kare dalgayı tam olarak oluşturmak için 100 harmoniğin gerekli olduğu söylenirken bazıları 1000 harmonik gerektiğini iddia etmektedirler.

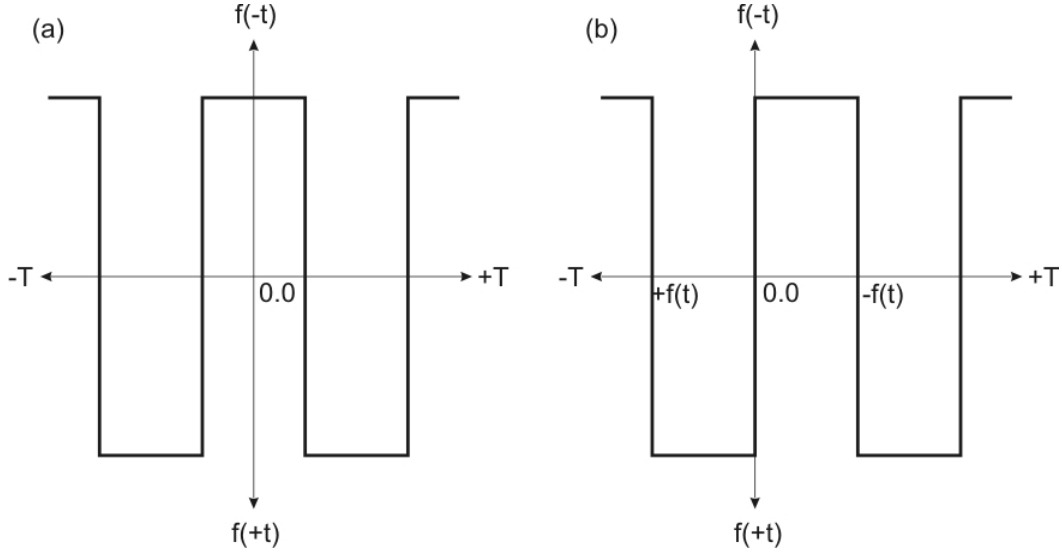


Şekil 3.3 Fourier serisiyle dalga şeklinin oluşturulması; a) Kare dalga b) Testere dalga c) Üçgen dalga



Şekil 3.4 İnsan atardamar basınç dalgası

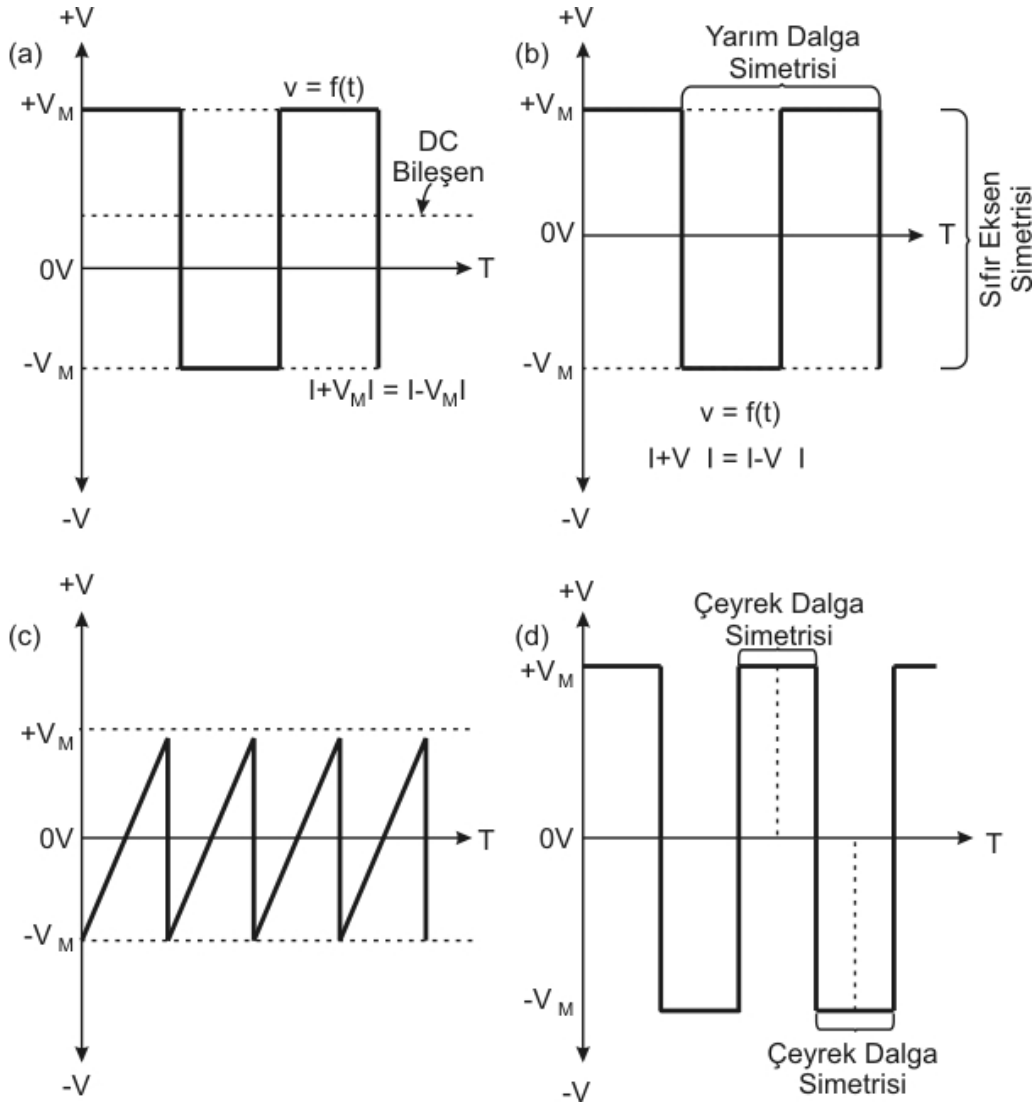
- Belli bir dalga şekline ait Fourier serisini belirleyen bir diğer faktör de, fonksiyonun tek ya da çift olmasıdır.
- Şekil 3.5a'daki dalga tek fonksiyona sahipken Şekil 3.5b' de ki dalganın fonksiyonu çifttir. Bir çift fonksiyonda $f(t) = f(-t)$ iken tek fonksiyonda $-f(t) = f(-t)$ olmaktadır.



Şekil 3.5 Tek ve çift Fourier serisi dalga şekilleri a)Tek fonksiyona sahip b)Çift fonksiyona sahip kare dalga

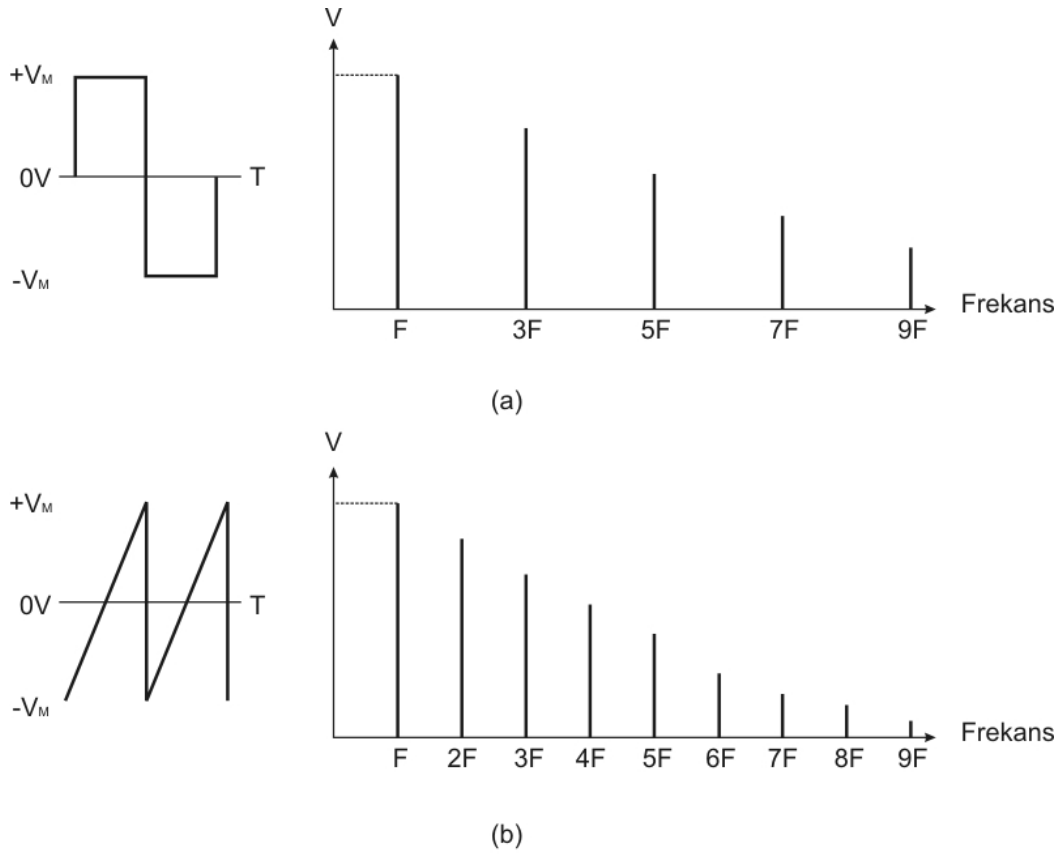
- Çift fonksiyonlarda sadece kosinüs harmonik bileşenleri bulunurken, tek fonksiyonlarda ise sadece sinüs harmonik bileşenleri bulunmaktadır.

3.3 Dalga Şekli Simetriği



Şekil 3.6 Dalga şekli simetrisi a) Asimetriye neden olan dc bileşen içeren kare dalga, b) Simetrik kare dalga, c) Testere dişi dalga şekli sıfır ekseninde ayna görüntüsü oluşturur, d) Çeyrek dalga simetrisi.

Bir dalga şekli sıfır eksen simetrisi gösteriyorsa, çift harmonik bileşenleri içermez, sadece tek harmonik bileşenler mevcuttur (Şekil 3.7a).

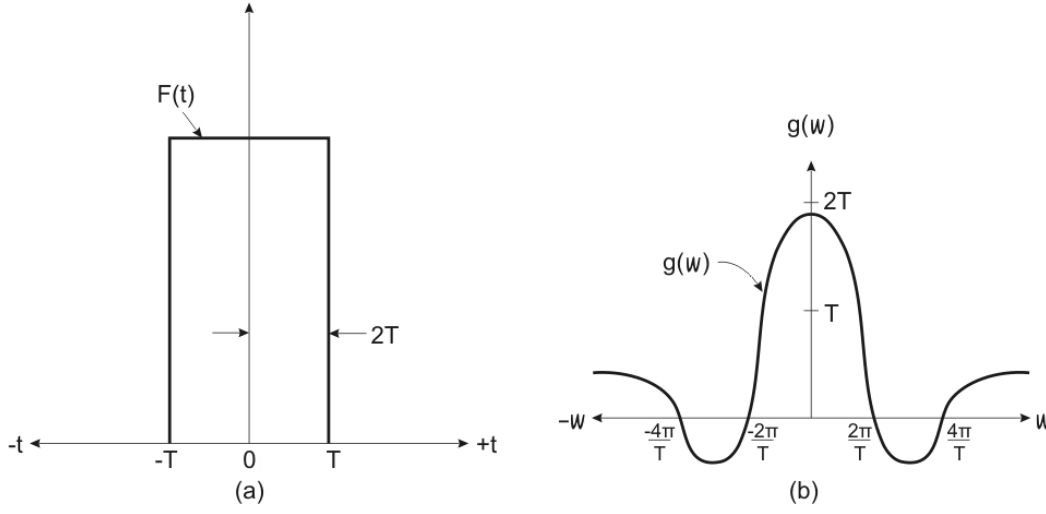


Şekil 5.7 İki dalga şeklinin Fourier serisi a)Kare Dalga b)Testere Dişi Dalga

Şekil 3.7 İki dalga şeklinin Fourier serisi a) Kare dalga, b) Testere dişi dalga.

3.4 Geçici Sinyaller

- Geçici bir sinyal, sadece bir kez ortaya çıkan ve uzun süre içerisinde rasgele meydana gelen veya periyodik olduğu halde periyoduna göre süresi çok küçük olan dalga şeklindedir.



Şekil 3.8 Geçici sinyal: a) $2T$ süresine sahip geçici sinyal, b) Spektral yoğunluk bölgesi.

- Geçici işaretler Fourier serileri ile tam olarak ifade edilemeseler de spektrum analizinde sinüs dalgalarıyla temsil edilirler.
- Geçici işaretlerin spektrum eğrisi ayrık değil, sürekli. $2T$ periyoduna sahip bir geçici sinyalin (Şekil 3.8a). spektral yoğunluğu, $g(w)$,

$$g(w) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t) e^{-j\omega t} dt \quad 3.6$$

- Eş. 3.6 spektral yoğunluğu, $g(w)$, temsil etmektedir. Spektral yoğunluk verildiği takdirde, orijinal dalga şekli, Eş. 3.7 kullanılarak bulunur;

$$f(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} g(w) e^{j\omega t} dw \quad 3.7$$

Şekil 3.8b'deki şekil aşağıdaki formülle ifade edilebilir;

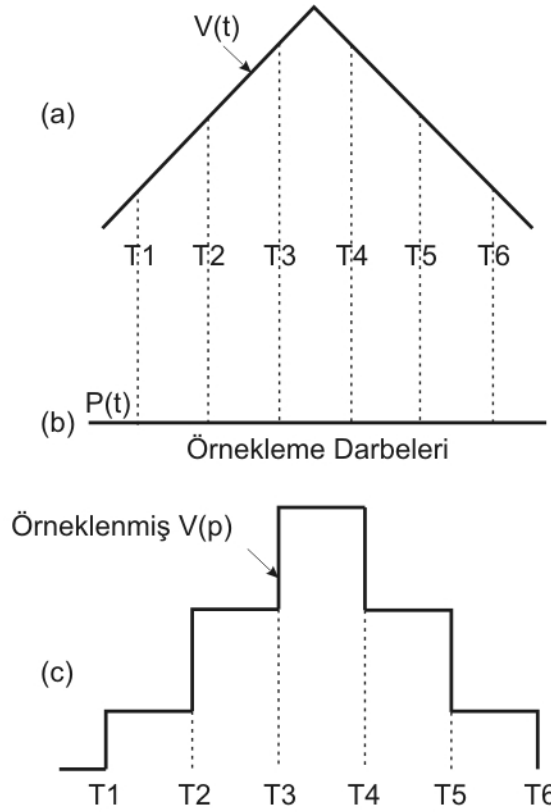
$$g(\omega) = \frac{\sin \omega t}{\omega t} \quad 3.8$$

$\sin x/x$ genel durumu, geçici işaretlere uygulanabildiği gibi, tekrarlayan darbeli dalga şekillerine de uygulanabilir (Şekil 3.8b).

3.5 Örneklenmiş Sinyaller

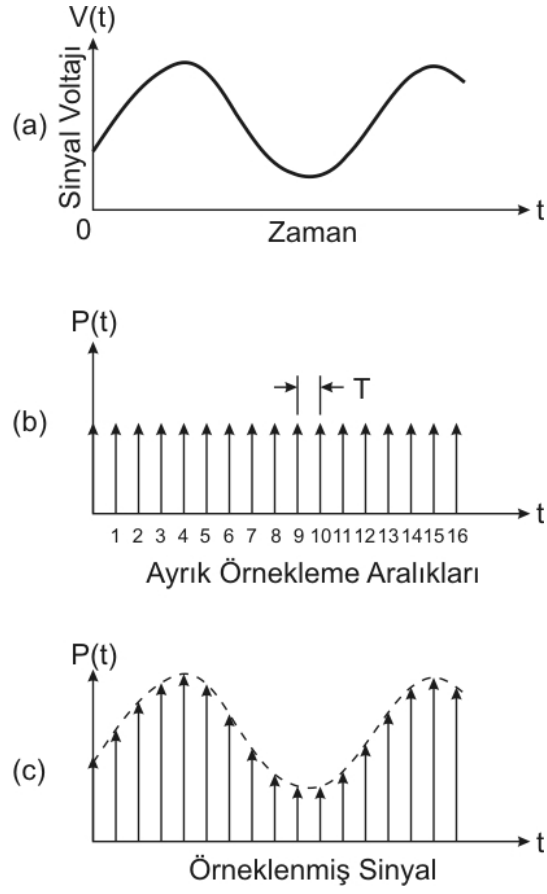
- Sayısal bilgisayarlar analog işaretler üzerinde işlem yapamadıkları için işaretin sayısala dönüştürülmüş halini kullanırlar.
- Analog-sayısal dönüştürücüler (A/D), bir analog giriş işaretini onu temsil eden bir ikili kelimeye dönüştürürler.
- Örneklenmiş işaret, orijinal işaretin tam aynısı değildir ve temsil mümkün olduğu kadar iyi olması için bir miktar çaba sarf edilmesi gerekir.
- **Nyquist teoremine** göre, örnekleme frekansı, F_s , örneklenecek olan analog işaretin $V(t)$ içinde bulunan en yüksek frekanslı Fourier spektrumu bileşeninin F_m iki katına eşit olmalıdır.
- Orijinal sinyali örneklemeden sonra tekrar oluşturabilmek için örneklenmiş dalga şeklini, bant genişliğini F_s ile sınırlandıran bir alçak geçiren filtreden geçirmek gerekir.

- Örnekleme işlemi bir çeşit genlik modülasyonudur.
- Sonuçta elde edilen örneklenmiş işaret spektrumu kısmen Şekil 3.11’de gösterilmektedir ve taşıyıcılı çift yan bant modüleri AM işaretin spektrumuna benzemektedir.

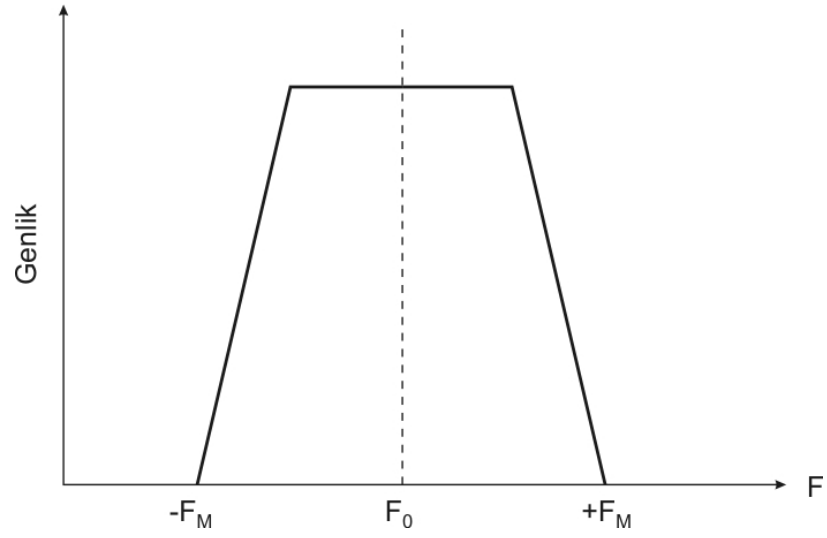


Şekil 5.9 Örneklenmiş Sinyal a) sürekli dalga şekli b) Sürekli dalga şeklinin örneklenmiş hali c) Tekrar oluşturulmuş dalga şekli

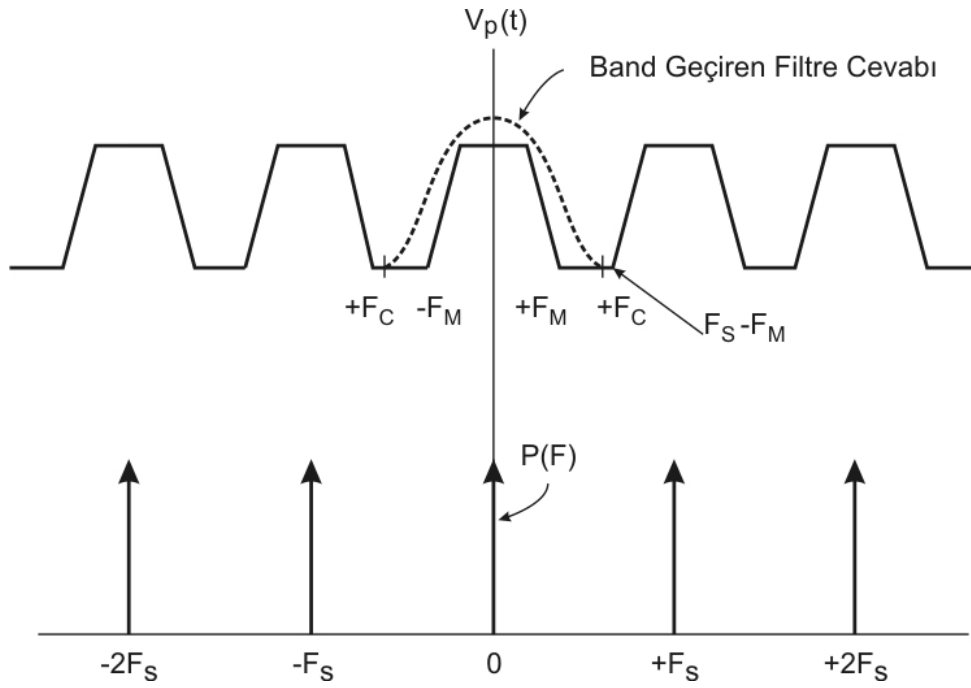
Şekil 3.9 Örneklenmiş Sinyal a) Sürekli dalga şekli b) Sürekli dalga şeklinin örneklenmiş hali c) Tekrar oluşturulmuş dalga şekli.



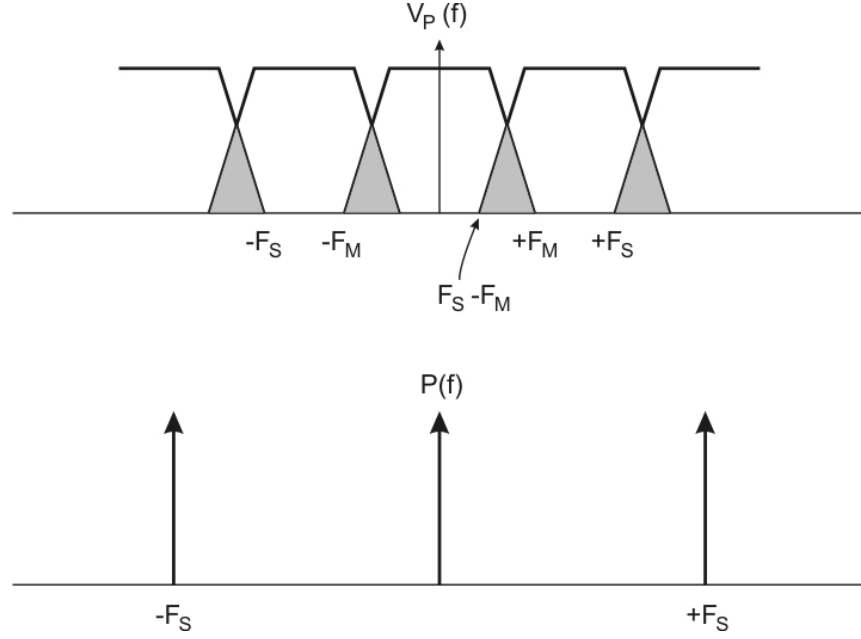
Şekil 3.10 Örnekleme işlemi: a) Sinüs dalgası, b) Sinüs dalgasının örnekleme işlemi, c) Örnekleme işlemi sonucu oluşan sinüs dalgası.



Şekil 3.11 Örnekleilmiş işaretin spektrumu.



Şekil 3.12 Örnekleilmiş işaretin geniş spektrumu.



Şekil 3.13 $F_s \leq 2F_m$ olduğunda frekans örtüşmesi oluşur.

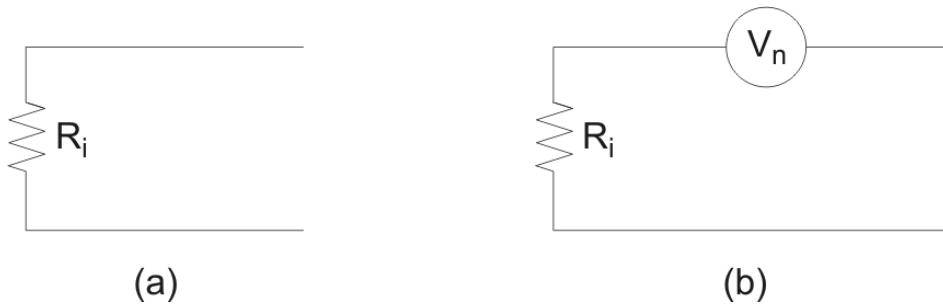
Bilgisayara giriş yapmak için, analog dalga şekillerinin yüksek doğrulukla örneklenmelerinde aşağıdaki kurallara dikkat etmek gerekir;

1. Örnekleyicinin veya A/D dönüştürücünün girişinde örneklenen işaretin F_m bileşenine kadar olan kısmını geçiren, fakat F_s örnekleme frekansındaki bileşenleri geçirmeyecek şekilde bir F_c kesim frekansına sahip bir alçak geçiren filtre kullanın.
2. Örnekleme frekansı F_s 'in minimum değerini, uygulanan sinyalin Fourier spektrumundaki en yüksek frekans bileşeninden iki kat daha büyük bir frekans olacak şekilde ayarlayın.

NOT: Tecrübe göstermiştir ki bazı durumlarda kullanıcılar, örnekleme frekansı $2F_m$ olduğunda örneklemeden elde edilen yeni dalga formunu kabul etmemektedir. Örneğin tıpta EKG dalga şekilleri ($F_m = 100$ Hz), 200 Hz' te örneklenip yeniden oluşturulduklarında çok kaba görünmektedirler. Dalga şekli 500 Hz' te örneklendiğinde kullanıcılar çok daha memnun olmaktadır.

3.6 Gürültü

- İdeal bir elektronik devrenin kendisi gürültü üretmez.
- Gerçek elektronik devreler ve devre elemanları belli bir düzeyde gürültü üretirler.
- Basit sabit değerli bir direnç bile gürültü üretebilir.
- Mutlak sıfır (0^0K veya -273^0C) derecesinin üstündeki herhangi bir sıcaklıkta, materyaldeki elektronlar sabit rasgele hareketler yapmaktadırlar.
- Bunun sonucunda Johnson gürültüsü (Isıl gürültü) meydana gelir.



Şekil 3.14 Dirençteki gürültü: a)İdeal gürültüsüz direnç b) Pratik (gerçek) direnç (dahili bir ısı gürültü kaynağına sahiptir).

- Isıl gürültü spektrumu orta frekanslı (10^4 , ten 10^5 Hz' e kadar) işaretler içermektedir ve temelde oldukça düzdür.
- Beyaz gürültü, beyaz ışığa benzer bir kavramdır. Beyaz ışık bütün görülebilir ışık renklerini içerdiği için spektrumu oldukça geniştir. Johnson gürültüsünün matematiksel ifadesi şöyledir;

$$(V_n)^2 = 4KTRB \quad V^2 / \text{Hz} \quad 3.9$$

Burada ,

V_n = Gürültü gerilimi, (V)

K = Boltzmann sabiti ($1,38 \times 10^{-23}$, $J/^{\circ}K$)

T = Sıcaklık ($^{\circ}K$)

R = Direnç (Ω)

B = Bant genişliği (Hz)

Sabitler bir araya toplanıp, eşitlik $1 \text{ K}\Omega$ 'a denkleştirilecek olursa, Eş. 3.9 aşağıdaki duruma gelir;

$$V_n = 4 \sqrt{\frac{R}{1k\Omega}} \quad \frac{nV}{\sqrt{\text{Hz}}} \quad 3.10$$

- Eş. 3.10'un sonucu karekök hertz başına nano Volt diye okunur. Bu eşitliğe göre, $1\text{M}\Omega$ ' luk bir direnç $126\text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ 'lık bir ısı gürültüye sahiptir.
- Başka birkaç gürültü daha vardır ve çoğunlukla doğrusal tümleşik devrelerde ve bazı yarı iletkenlerde görülürler.
- Örneğin, kuantum düzeyinde elektron akışı düzgün ve tahmin edilebilir bir davranış sergilemediğinden, bazen akımda rasgele sıçramalar meydana gelir. Mısır patlağı gürültüsü (popcorn) diye adlandırılan bu gürültü, birkaç milisaniyelik darbeler şeklindedir. Bir diğer gürültü çeşidi de shot gürültüsüdür (Aynı zamanda shottky gürültüsü diye de adlandırılır). Shot kelimesi metal bir yüzeye doğru atılan bir avuç saçmaya benzer gürültüler çıkarmasından dolayı verilmiştir. Shot gürültüsü, herhangi bir iletkenin dc akım geçmesi sonucu meydana gelir ve ifadesi;

$$(I_n)^2 = 2qIB \quad \frac{A^2}{\text{Hz}} \quad 3.11$$

şeklindedir.

Burada,

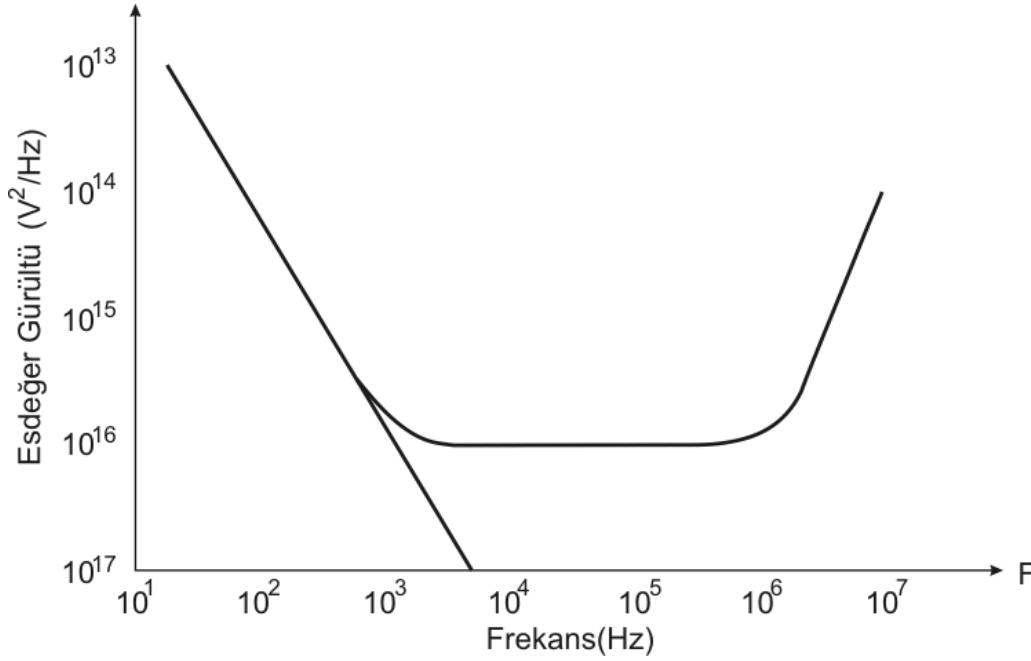
I_n = Gürültü akımı (Amper)

q = Elektrik yükü ($1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$)

I = Akım (Amper)

B = Bant genişliği (Hertz)

- Son olarak bir de titreme (Flicker) gürültüsü vardır. Düşük frekanslı bileşenler (<1000 Hz) ağır bastığı için pembe gürültü diye de bilinir. Bu tip gürültü bütün iletkenlerde mevcuttur ve tümleşik devrelerde üretim hataları sonucunda meydana geldiğinden önemlidir.



Şekil 3.15 Ortamda $1/f$ gürültüsü, ısı (beyaz) gürültü ve yüksek frekanslı gürültü bulunduğunda görülen gürültü spektrumu profili.

- Gürültüyü tek bir kaynaktan çıkıyormuş gibi karakterize etmek için gürültü genliklerinin karelerinin ortalamasının kare kökünü (rms) almak gerekir.

$$V_n(rms) = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T [F(t)]^2 dt}$$

5.12

3.7 İşaret – Gürültü Oranı

- Yükselteçler, sinyal – gürültü oranına (S_n) bakılarak değerlendirilir. Devre veya cihaz tasarımcısının amacı S_n oranını mümkün olduğunca iyileştirmeye çalışmaktır. Bu nedenle gürültü seviyesi ne kadar düşük olursa, çıkıştan alınabilecek en küçük işaret seviyesi de o oranda küçük olacaktır.
- Elektronların ısıal açıdan rahatsız edilmeleri nedeniyle ortaya çıkan gürültü gücü, P_n , watt veya watt' ın alt birimleriyle ifade edilir. Gürültü gücü Eş.3.13'ten bulunabilir;

$$P_n = KTB$$

3.13

Burada ,

P_n =Gürültü gücü (watt)

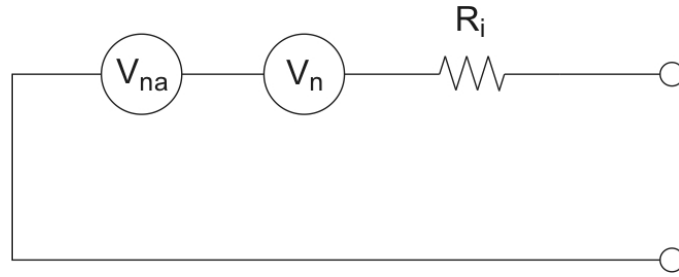
K =Boltzmann sabiti ($1,38 \times 10^{-23}$, $J/^{\circ}K$)

B =Bant genişliği (Hz)

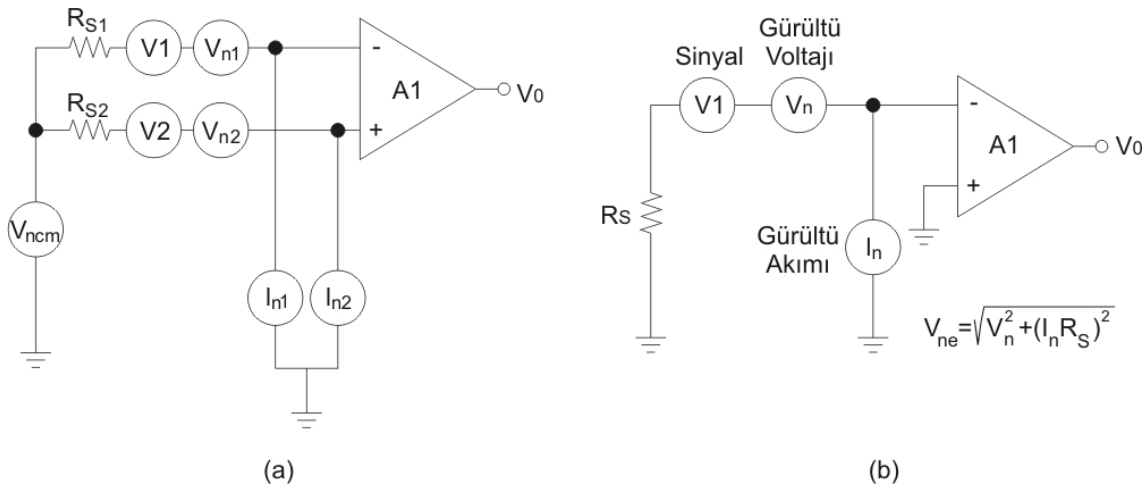
- Eşitlik 3.13' te, bir merkez frekansı bileşeni olmadığına sadece bant genişliği (B) olduğuna dikkat ediniz. Gerçek ısıal gürültü Gaussian (veya Gaussian' a yakın) özelliktedir ve bu yüzden frekans içeriği, faz ve genlikler bütün spektruma eşit bir şekilde dağılmışlardır. Böylece, bant genişliğinin sınırlı olduğu sistemlerde, mesela gerçek yükselteçler veya devrelerde toplam gürültü sıcaklık ve bant genişliğiyle ilgilidir.

Gürültü kaynakları, iç ve/veya dış şeklinde iki gruba ayrılabilir. İç gürültü kaynakları, yarı iletken dirençler üzerindeki ısı akım kaynakları tarafından oluşturulurlar.

Dış gürültü ise işaret kaynağı tarafından üretilen gürültüdür ve dolayısıyla kaynak gürültüsü olarak da adlandırılır.



Şekil 3.16 Direnç yapısı ve imalat kusurları nedeniyle ortaya çıkan V_{na} gürültü kaynağı.



Şekil 3.17 Gerilim ve akım gürültü kaynakları; a) Birkaç bağımsız gürültü kaynağı, b) Eşdeğer gürültü kaynaklarının hesaplamalarda kullanılması.

3.8 Gürültü Profili ve Gürültü Sıcaklığı

- Bir sistemin veya devrenin gürültüsü üç farklı fakat birbiri ile ilişkili yöntemle tanımlanabilir;
 - o gürültü faktörü (F_n),
 - o gürültü profili (NF) ve
 - o eşdeğer gürültü sıcaklığı (T_e).
- Bu özellikler sırasıyla basit bir oran, desibel cinsinden veya sıcaklık derecesi şeklinde ifade edilebilir.

3.8.1 Gürültü Faktörü

- Bir sistemin gürültü faktörü ise, çıkıştaki gürültü gücünü (P_{no}), girişteki gürültü gücüne (P_{ni}) olan oranıdır.

$$F_n = \frac{P_{no}}{P_{ni}} \Big|_{T = 290^\circ K}$$

3.15

- Giriş gürültü gücü P_{ni} standart sıcaklıktaki (T_0) kaynak gürültüsünün yükselteç kazancı (G) ile çarpımına eşittir;

$$P_{ni} = GKBT_0$$

3.16

- Gürültü faktörünü, F_n giriş ve çıkıştaki S_n oranlarının oranı şeklinde de ifade etmek mümkündür;

$$F_n = \frac{S_{ni}}{S_{no}} \quad 3.17$$

aynı zamanda ;

$$F_n = \frac{P_{no}}{KT_0BG} \quad 3.18$$

Burada ;

S_{ni} =Giriş işaret – gürültü oranı,

S_{no} =Çıkış işaret – gürültü oranı,

P_{no} =Çıkış gürültü gücü,

K=Boltzmann sabiti ($1,38 \times 10^{-23}, J/^{\circ}K$)

$T_0=290^{\circ}K$

B=Devrenin bant genişliği (Hz),

G=Yükselteç kazancı.

- Gürültü faktörü, yükselteci ideal kabul eden bir modelde incelenebilir. Bu durumda yükselteç herhangi bir katkıda bulunmadan, sadece girişindeki kaynağın gürültüsünü G kazancı kadar yükseltecektir:

$$F_n = \frac{KT_0BG + \Delta N}{KT_0BG} \quad 3.19$$

veya

$$F_n = \frac{\Delta N}{KT_0BG} \quad 3.20$$

Burada ;

ΔN =Yükselteç veya devre tarafından eklenen gürültü (Diğer terimler önceden tanımlandığı gibidir).

3.8.2. Gürültü Profili

- Gürültü profili, bir yükseltecin iyiliğini veya ideal sapmasını belirten bir ölçüttür. Bu nedenle bir iyilik faktörü olarak tanımlanabilir. Gürültü profili gürültü faktörünün dB cinsinden ifadesidir;

$$NF = 10 \log F_n \quad 3.21$$

Burada ;

NF =Gürültü profili (dB)

F_n =Gürültü faktörü

$\log$ =10 tabanına göre logaritma.

3.8.3. Gürültü Sıcaklığı

- Gürültü sıcaklığı, gürültüyü eşdeğer bir sıcaklıkla tanımlamakta kullanılan bir kavramdır.
- Gürültü sıcaklığı, gürültü faktörü ilişkilidir;

$$Te = (F_n - 1)T_o \quad 3.22$$

ve gürültü profiliyle de Eş. 3.23’de belirtilen şekilde ilişkilidir:

$$Te = (\log^{-1}(\frac{NF}{10}) - 1)KT_o \quad 3.23$$

- Gürültü sıcaklığı biliniyorsa, gürültü faktörü ve profili bulunabilir;

$$Fn = \frac{Te}{T_o} + 1 \quad 3.24$$

ve

$$NF = 10 \log\left(\frac{T_e}{T_0} + 1\right)$$

3.25

- Herhangi bir yükselteç veya devredeki toplam gürültü, iç ve dış gürültülerin toplamına eşittir. Toplam gürültü sıcaklığı cinsinden meydana gelen toplam gürültü;

$$P_{n(total)} = GKB(T_0 + T_e)$$

3.26

Burada;

$P_{n(total)}$ = toplam gürültü gücü (diğer terimler önceden tanımlandığı gibidir.)

3.9 Kaskat Yükselteçlerde Gürültü

Bir giriş gürültü işareti yükselteçler tarafından geçerli bir giriş işareti olarak kabul edilir. Böylece kaskat yükselteçlerde, en sonraki kat orijinal işaretin kendisiyle diğer katlar tarafından katlanarak yükseltile gürültü işaretinden oluşmuş bir giriş işareti ile beslenir. Her bir kat, kendisinden bir önceki kattan gelen işaretleri ve gürültüleri yükselterek kendi gürültüsünü ekler. Toplam gürültü faktörü, bir kaskat yükselteçte Friis gürültü eşitliği kullanılarak Eş. 3.27'deki gibi hesaplanabilir;

$$F_N = F_1 + \frac{F_2 - 1}{G_1} + \frac{F_3 - 1}{G_1 G_2} + \dots + \frac{F_n - 1}{G_1 G_2 \dots G_n} \quad 3.27$$

Burada;

F_n = Kaskat yükselteçlerdeki n. katta görülen toplam gürültü faktörü

F_1 = 1. katın gürültü faktörü

F_2 = 2. katın gürültü faktörü

F_{n-1} = (n-1). katın gürültü faktörü

G_1 = 1. katın kazancı

G_2 = 1. katın kazancı

G_n = 1. katın kazancı

Eş. 3.27'den de görüldüğü üzere, bütün kaskat yükseltecin gürültü faktörü ilk bir veya iki katın gürültü faktörü tarafından belirlenmektedir.

Yüksek kazançlı, düşük gürültülü yükselteçlerde (elektroensefelograf –EEG– önyükselteçleri) kaskat yükselteç katının ilk veya iki katında düşük gürültülü yükselteçler kullanılır.

3.10 Gürültü Zayıflatma Stratejileri

- Kaynak ve yükselteç giriş dirençlerini mümkün olduğunca küçük seçin. Yüksek değerli dirençler ısı gürültülerin artmasına neden olur.

- Toplam ısı gürültü aynı zamanda devrelerin bant genişliğinin bir fonksiyonudur. Bu yüzden, devrenin bant genişliğini en aza indirmek, gürültünün de en aza inmesine neden olacaktır.

- Dış gürültünün sistem üzerindeki etkisini en aza indirmek için uygun topraklama, ekranlama ve filtreleme yapılmalıdır.

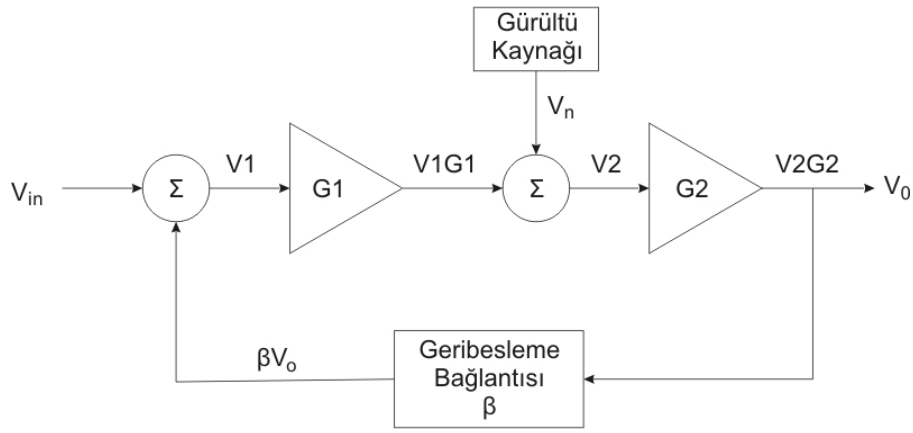
- Sistemin giriş katlarında düşük gürültülü yükselteçler kullanılmalıdır.

- Bazı yarıiletken devre elemanlarında, mümkün olan en düşük dc besleme gerilimi kullanmak gürültüyü azaltmakta yardımcı olacaktır.

3.10.1 Gürültüyü Azaltmak için Geribeslemenin Kullanılması

- Negatif geribesleme genlik ve faz hatalarını azaltmak, dolayısıyla yükseltecin distorsiyonunu azaltmak için sıkça kullanılır.

Şekil 3.18'e bakalım. Bu devre modelinde kazanç, G_1 ve G_2 şeklinde iki blok arasında bölüştürülmüştür. Devrenin toplam kazancı $G_1.G_2$ 'dir. Bir gürültü kaynağı, bir gürültü sinyali, V_{in} üretmekte ve G_1 ile G_2 arasındaki bir toplama noktasına vermektedir. β transfer fonksiyonuna sahip bir geribesleme şebekesi, V_{in} giriş sinyaliyle toplanmış bir. βV_0 sinyali üretir.



Şekil 3.18 İki katlı kaskat yükselteç blok diyagramı

$$V_1 = V_{in} + \beta V_0 \quad 3.28$$

$$V_2 = V_1 G_1 + V_n \quad 3.29$$

$$V_2 = (V_{in} + \beta V_0) G_1 + V_n \quad 3.30$$

ve

$$V_0 = V_2 G_2 \quad 3.31$$

Eş. 3.30'u 3.31'de yerine koyarsak,

$$V_0 = (((V_{in} + \beta V_0)G_1 + V_n)G_2) \quad 3.32$$

$$V_0 = G_1 G_2 V_{in} + \beta V_0 G_1 G_2 + V_n G_2 \quad 3.33$$

tekrar düzenleme yaparsak,

$$V_0 = \frac{G_1 G_2 V_{in} + N G_2}{1 - \beta G_1 G_2} \quad 3.34$$

ve sonuçta,

$$V_0 = \frac{G_1 G_2 V_{in} + N G_2}{1 - \beta G_1 G_2} \left(V_{in} + \frac{N}{G_1} \right) \quad 3.35$$

3.10.2 İşaretlerin Ortalamasını Alarak Gürültünün Azaltılması

Eğer bir işaret, periyodik ya da tekrarlayan yapıda ise işaret-gürültü oranını, işaretin ortalamasını alarak iyileştirmek mümkündür. Eğer işaret-gürültü oranını aşağıda olduğu gibi kabul edersek;

$$S_n = 20 \log \left(\frac{V_i}{V_n} \right) \quad 5.36$$

$V_i < V_n$ olan sistemler için gürültü bastırmasının zaman ortalaması ile elde edilen değeri;

$$\bar{S} = 20 \log \left(\frac{V_i}{V_i / \sqrt{N}} \right) \quad 5.37$$

olacaktır.

Burada;

$\bar{S}$ = zaman ortalaması alınmış SNR

S_n = işlenmemiş SNR

N = işaretin tekrarlanma sayısı

Örnek: Bir EEG sistemi 5 μV 'luk işareti 500 μV 'luk rasgele gürültü seviyesi ile beraber işlemektedir. İşlenmemiş S_n 'yi, 1000 kez tekrarlama için işlenmiş S_n 'yi ve işlem kazancını hesaplayınız.

Çözüm :

$$\text{a) } S_n = 20 \log \left(\frac{V_{in}}{V_n} \right)$$

$$S_n = 20 \log \left(\frac{5 \mu V}{500 \mu V} \right) = -40 \text{ dB}$$

$$\text{b) } \bar{S} = 20 \log \left(\frac{V_i}{V_i / \sqrt{N}} \right)$$

$$\bar{S} = 20 \log \left(\frac{5 \mu V}{500 \mu V / \sqrt{1000}} \right) = -10 \text{ dB}$$

$$\text{c) } G_p = \bar{S} - S_n = -10 \text{ dB} - (-40 \text{ dB}) = +30 \text{ dB}$$

Zaman ortalamasının, veri toplamak için gerekli olan süreyi uzatması gibi bir etkisi vardır, bu nedenle ($F=1/T$ için), zaman ortalaması sistemin etkin bant genişliğini daraltmaktadır.