

Elektrik Devre Temelleri

2024-2025 Bahar Dönemi

Hafta 1 - 2

21 – 28 Şubat 2025

Sibel ÇİMEN

Umut Engin AYTEN

Elektrik Devre Temelleri

Umut Engin AYTEN

Sibel ÇİMEN

ayten@yildiz.edu.tr

sblcmn@yildiz.edu.tr

Dersin Bologna Sayfası

<http://bologna.yildiz.edu.tr/index.php?r=course/view&id=291&aid=5&pid=6>

Kişisel Sayfalarımız

<https://avesis.yildiz.edu.tr/ayten/dokumanlar>

<https://avesis.yildiz.edu.tr/sblcmn/dokumanlar>

Hafta Konular**Ön Hazırlık**

1	Sistem Kavramı, Elektriksel Sistemler, Temel Kavramlar, Elektrik devre değişkenleri	Ders Kitabı Bölüm 1
2	Elektriksel İşaretler, Devre elemanları (Direnç elemanları/Statik elemanlar)	Ders Kitabı Bölüm 2
3	Devre elemanları, Elektrik Devrelerinde Kavramlar	Ders Kitabı Bölüm 3
4	Devre Çözüm Yöntemleri	Ders Kitabı Bölüm 4
5	Dirençli devrelerde analiz yöntemleri	Ders Kitabı Bölüm 4
6	Dirençli devrelerde analiz yöntemleri	Ders Kitabı Bölüm 4
7	Dirençli devrelerde analiz yöntemleri	Ders Kitabı Bölüm 5
8	Ara Sınav 1	
9	Devre teoremleri	Sınav için hazırlık
10	Devre Teoremleri	Ders Kitabı Bölüm 6
11	Devre Parametreleri	Ders Kitabı Bölüm 7
12	İşlemsel kuvvetlendiricili Devreler	Ders Kitabı Bölüm 8
13	Enerji depolayan elemanlar (Dinamik elemanlar, L ve C)	Ders Kitabı Bölüm 8
14	RL ve RC devrelerin tam yanıtı	Ders Kitabı Bölüm 8

AKTS İşyükü Tablosu

Etkinlikler	Sayı	Süresi (Saat)	Toplam İşyükü
Ders Saati	12	3	36
Laboratuvar			
Uygulama			
Arazi Çalışması			
Sınıf Dışı Ders Çalışması	12	3	36
Derse Özgü Staj			
Ödev	3	8	24
Küçük Sınavlar/Stüdyo Kritiği			
Projeler	0	0	0
Sunum / Seminer			
Ara Sınavlar (Sınav Süresi + Sınav Hazırlık Süresi)	1	12	12
Final (Sınav Süresi + Sınav Hazırlık Süresi)	1	15	15
Toplam İşyükü :			123
Toplam İşyükü / 30(s) :			4.10
AKTS Kredisi :			4

Değerlendirme Sistemi

Etkinlikler	Sayı	Katkı Payı
Devam/Katılım	14	0
Ödev	3	30
Ara Sınavlar	1	30
Final	1	40
Dönem İçi:	60	
Final Sınavı:	40	
TOPLAM:	100	

Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği'nde Temel Teoremler

- Elektromagnetik Alan Teorisi
- Devre Teorisi

DEVRELER:

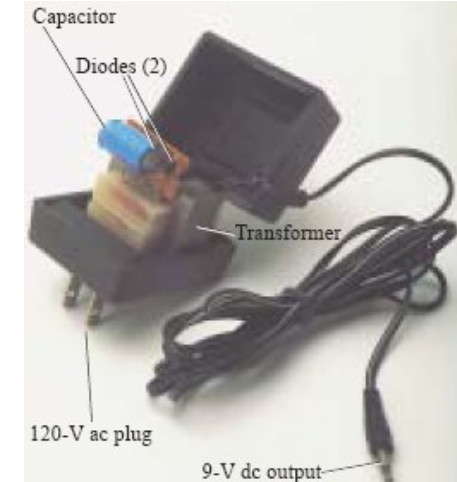
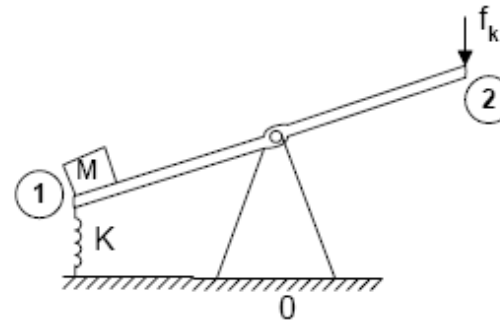
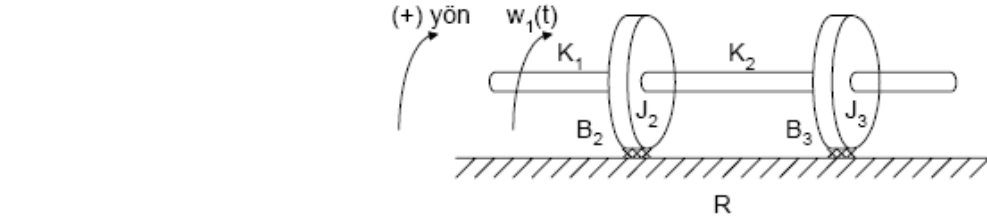
1. Toplu elemanlı devreler (lumped-element circuit)
2. Dağıtılmış parametrelili devreler (distributed-element circuit)

Sistem Nedir?

Birbirleriyle ilişkide olan elemanlar topluluğuna sistem denir.

Başlıca Fiziksel Sistemler:

- Mekanik Sistemler
- Hidrolik Sistemler
- Termik Sistemler
- Elektriksel Sistemler



Sistem Teorisinin Kurulması

Bir matematiksel teori;

- ***Tanımlanmamış Terimler***
- ***Aksiyomlar(Postulalar)***
- ***Tanımlanmış Büyüklükler***
- ***Teoremlerden***

oluşur.

Aksiyom: Doğru olduğu kabul edilen ve ispatlanamayan önermelerdir.

Sistem teorisinin aksiyomlarını belirlerken dikkat edilecek hususlar;

- Ortaya koyulan aksiyomların minimum sayıda olması.
- Birbirleriyle çelişmemesidir.

Fiziksel evrene uygulanabilen teorilerin aksiyomları ***fizik yasalarıdır.***

Bu yasaların bulunması için ise gözlem ve ölçü yapılması gereklidir. Yapılan bu gözlem ve ölçüler fiziksel evrenle matematiksel teori arasında bir köprü görevi yaparlar.

Sistem Teorisinin Kurulması

Fiziksel Sistemlerde Ölçme

Mekanik sistemlerde → ***Kuvvet*** ve ***Hız***

Elektriksel sistemlerde → ***Akım*** ve ***Gerilim***

Hidrolik sistemlerde → ***Debi*** ve ***Basınç***

Termik sistemlerde → ***Isının akış hızı*** ve ***Sıcaklık***

Ölçmeler sonucunda bu sistemlerde geçerli olan yasalar elde edilmiştir. Deney ve ölçüler sonucu bulunan ***Kirchoff Yasaları*** bunlara en belirgin örnektir. Bu yasalar öncelikle elektriksel sistemler için ortaya atılmış olmalarına karşın öteki fiziksel sistemler için de geçerlidirler.

Sistem Teorisinin Kurulması

Fiziksel büyüklüklerin matematiksel olarak tanımlanması ancak başka fiziksel büyüklüklerin cinsinden yapılabilir. Başka birinin cinsinden tanımlamanın ise sonu yoktur.

Minimum sayıda fiziksel büyüklüğü matematiksel tanımı olmadan kullanmak gerekir. Aksiyomatik bir matematiksel teoride bunlara **tanımlanmamış büyüklükler** denmektedir.

Böyle bir teoride tanımlanmamış olarak seçilecek büyüklükler aksiyomların içerdikleri terimlerdir.

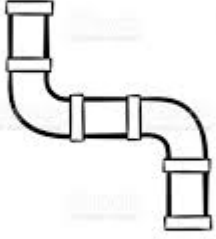
Kirchoff yasaları sistem teorisinde ***Kirchhoff Aksiyomları*** olarak, akım ve gerilim büyüklükleri de bu teorinin tanımlanmamış terimleri olarak alınmıştır.

Bir Sistemin Matematiksel Modeli

Sistemin içindeki her bir elemanın bağlantı uçlarından görülen davranışları (özellikleri) de belirlenmelidir. Bunlar da tanımlanmamış büyüklükler cinsinden verilen denklemlerdir. Bu denklemlere ***Elemanların Uçsal Matematiksel Modelleri*** denir.

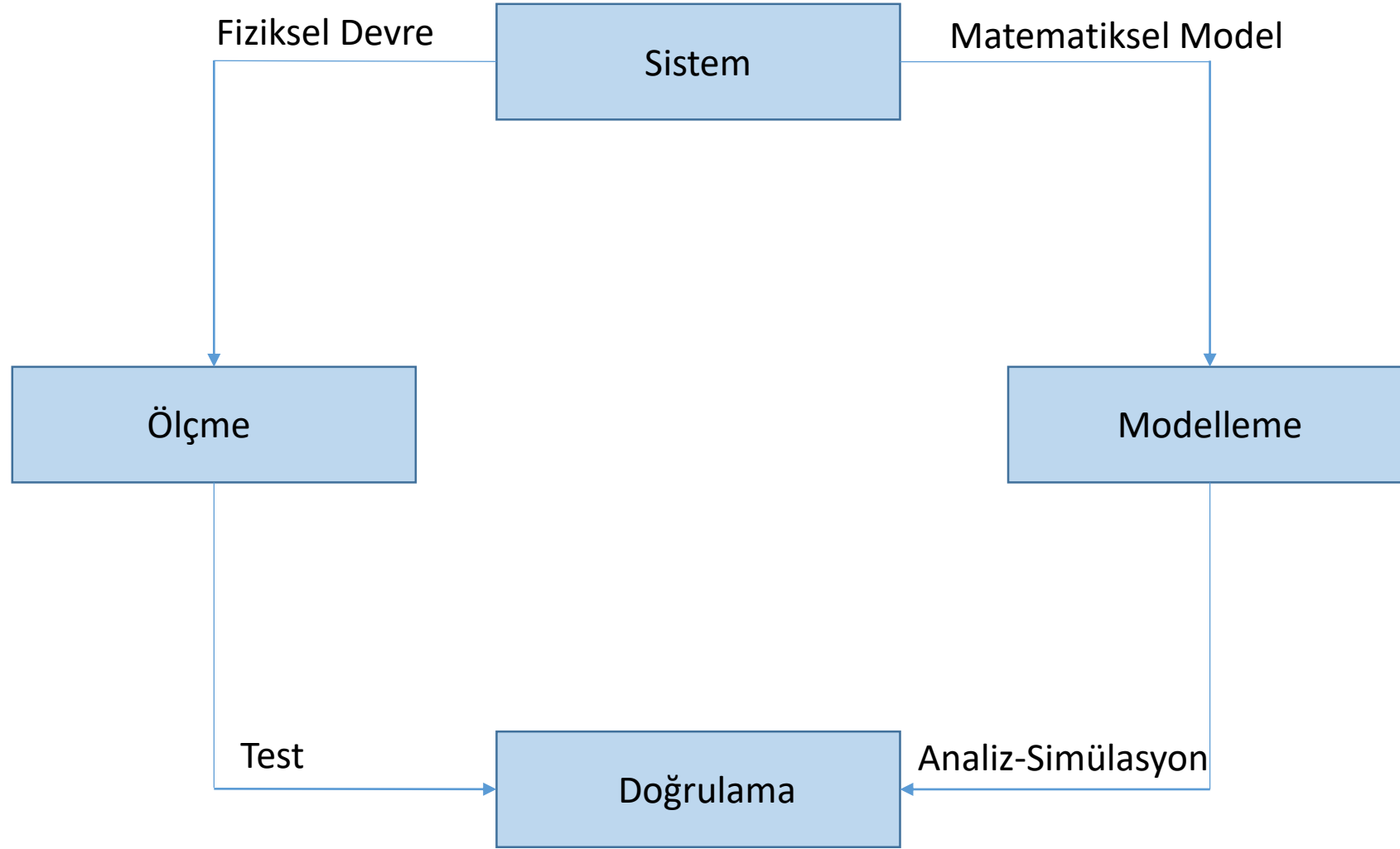
Öyleyse, bir sistemin matematiksel modelinin elde edilebilmesi için;

1. Sistem içindeki elemanların bağlantılarının matematiksel modeli
 2. Elemanların matematiksel modelleri (tanım bağıntıları)
- verilmeleridir.



Boru	→	Devre
Su	→	Yük
Yükseklik farkı	→	Gerilim
Bilye	→	Direnç

Sistemin matematiksel modeli: Sistem içerisindeki her bir elemanın özellikleri ve davranışı ayrı ayrı belirlenir, bunlara dayanan denklemler ile matematiksel model elde edilir.



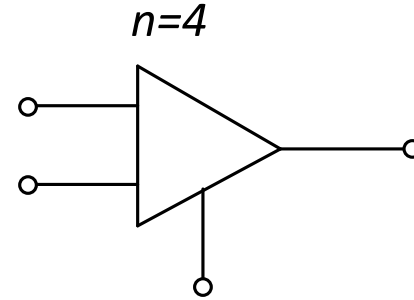
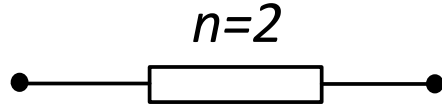
Elektriksel Sistemlerde ölçülebilir büyüklükler akım ve gerilimdir. Diğer elektriksel büyüklükler bunlardan yararlanılarak tanımlanır.

Devre Elemanları:

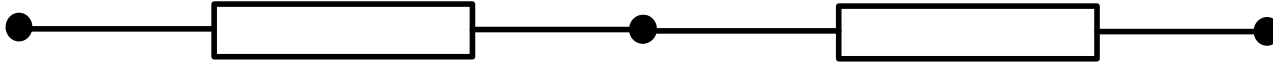
Elektrik devrelerini oluşturan düzenlere devre elemanı adı verilir. Devre elemanları, elektrik devrelerinin yapı taşlarıdır. Fiziksel devre elemanları çeşitli geometrik şekillerden oluşmuş bir kapalı bölge ve bu kapalı bölgeden çıkan uçlardan oluşur. Uç, elektriksel büyüklük ölçümünde kullandığımız devre bağlantı noktalarıdır. Bir devre elemanın uç sayısı en az ikidir.

n: uç sayısı $\rightarrow n \geq 2$ (daima)

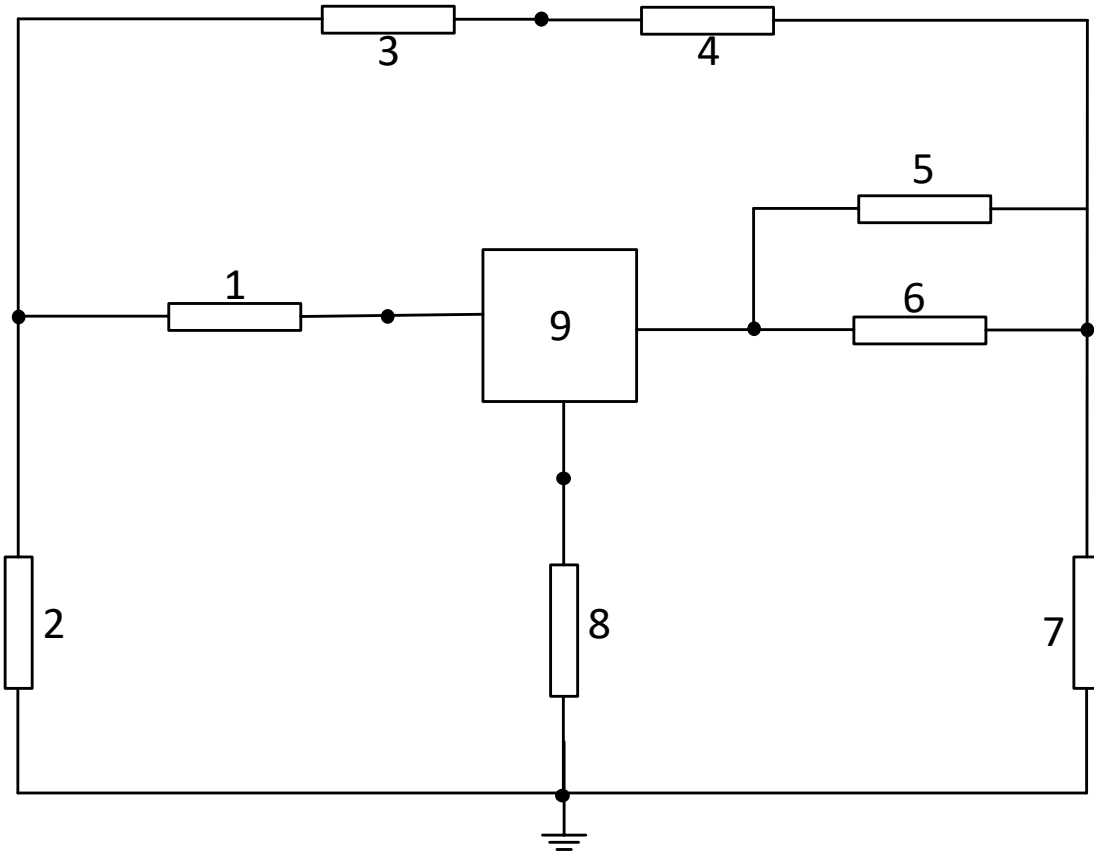
Devre elemanlarının uç sayısına göre sınıflandırılabilirdiği gibi elektriksel özelliklerine göre de sınıflandırılabilir.



Elektrik devrelerinde en az iki elemanın birleştiği noktaya düğüm denir.



n_d : düğüm sayısı



İşlemsel (operasyonel) Tanım

Fiziksel evren ile teori arasındaki köprü akım ve gerilimin işlemsel olarak tanımlanması ile kurulur.

Teoriyi fiziksel evrene bağlamak için tanımlanmamış terimlerin fiziksel sistemde hangi büyüklüklere karşı düştüğünün ve bunların fiziksel sistemde ne şekilde ölçüldüğünün belirlenmesine **İşlemsel (operasyonel) Tanım** denir.

Fiziksel sistemde en basit yoldan ölçülebilen büyüklükleri teoride tanımlanmamış terim olarak alacağız.

En basit yoldan yapılabilen ölçmeler ise iki türdür:

1. **İçten (seri) ölçme**
2. **Uçtan uca (paralel) ölçme.**

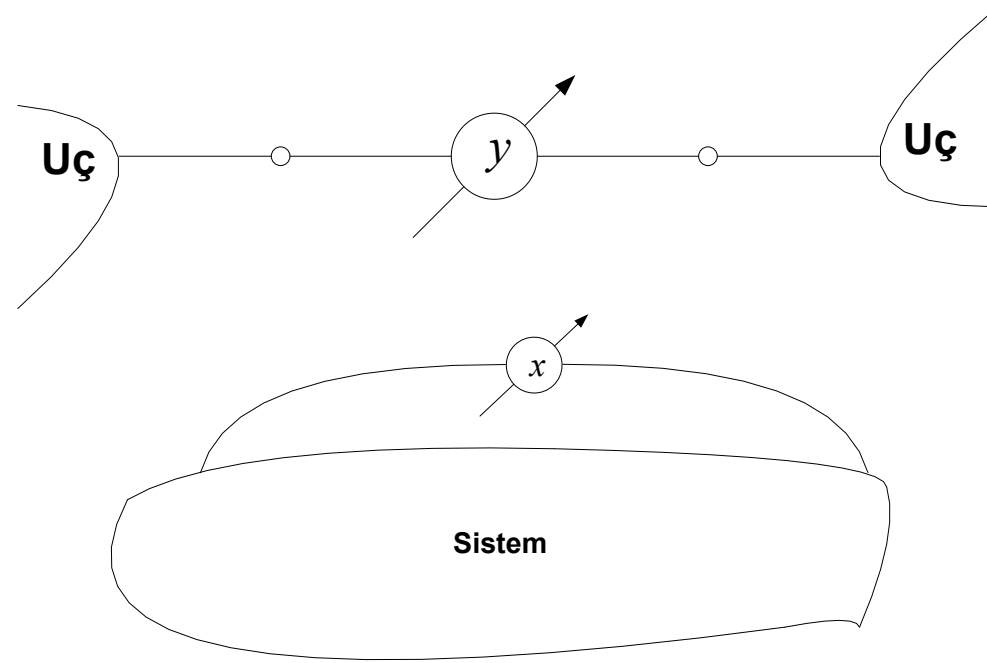
İçten ölçme sonucunda elde edilen büyüklüğe **İçdeğişken**,

Uçtan uca yapılan ölçme sonucunda elde edilene ise **Uçdeğişken** denir.

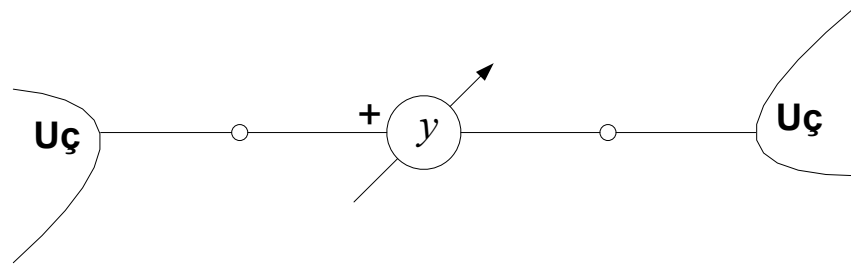
Fiziksel sistemlerde ölçü yaparken, ölçü aletinin sisteme bağlanmasının hiçbir şekilde sisteme etkimeyeceğini yani sistemin davranışını değiştirmeyeceğini varsaymaktayız.

İçdeğişken ve Uçdeğişken Ölçer Uç Referansları

İçdeğişken (akım, kuvvet, akışkanın akış hızı, ısıнын akış hızı) ve uçdeğişken (gerilim, hız, basınç, sıcaklık) ölçen ölçü aletleri iki uçlu olup devreye bu uçlarından bağlanırlar.

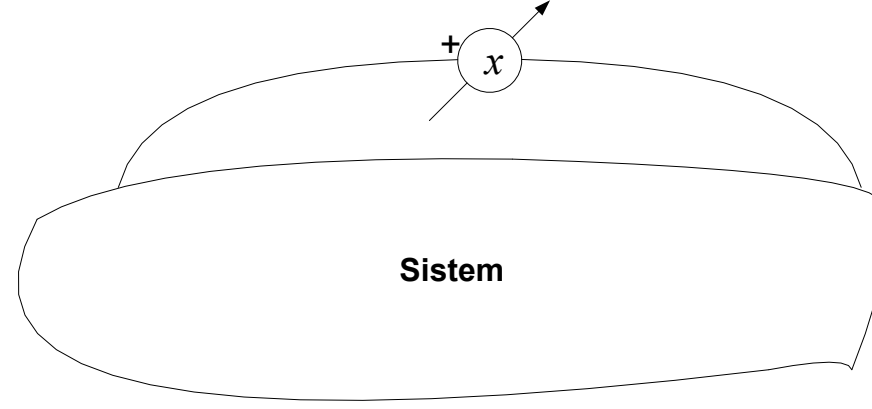


Ölçü Aletinin Uç Referansı



İçdeğişken Ölçer Uç Referansının Anlamı: Bir içdeğişken ölçer $t=t1$ **anında** (+) yönde saparsa;

- İçdeğişkenin o andaki değeri olan $y(t1)$ 'in (+) değerli yani $y(t1) > 0$ olduğu
- Ölçülen $y(t)$ içdeğişkenin $t1$ anındaki yönünün simgeli uçtan öteki uca doğru olduğu varsayılır.

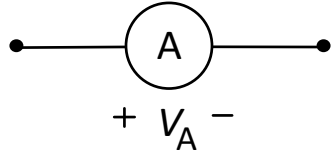


Uçdeğişken Ölçer Uç Referansının Anlamı: Bir uçdeğişken ölçer ***$t=t1$ anında*** (+) yönde saparsa;

- Uçdeğişkenin o andaki değeri olan ***$x(t1)$*** 'in (+) değerli yani ***$x(t1)>0$*** olduğu
- Ölçülen ***$x(t)$*** uçdeğişkeninin ***$t1$*** anındaki yönünün aletin simgesiyle uyumlu olduğu varsayılır.

Ölçü Aletleri:

Bir elektrik devresinde akım düğümlere bağlı her bir uç için ölçülür. Gerilim ise her bir düğüm çifti için ölçülür. Akım ölçen aletlere ampermetre, gerilim ölçen aletlere voltmetre ve güç ölçen aletlere ise wattmetre denir. Ampermetre ve voltmetre iki uçlu elemanlardır, wattmetre ise 4-uçlu bir elemandır. Ampermetreler devreye seri , voltmetre paralel, wattmetreler ise hem seri hem de paralel bağlanır.

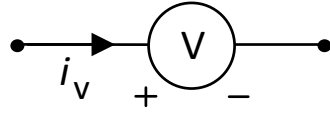


Ampermetre

$$R_A = 0\Omega$$

(kısa devre)

$$v_A = 0V$$

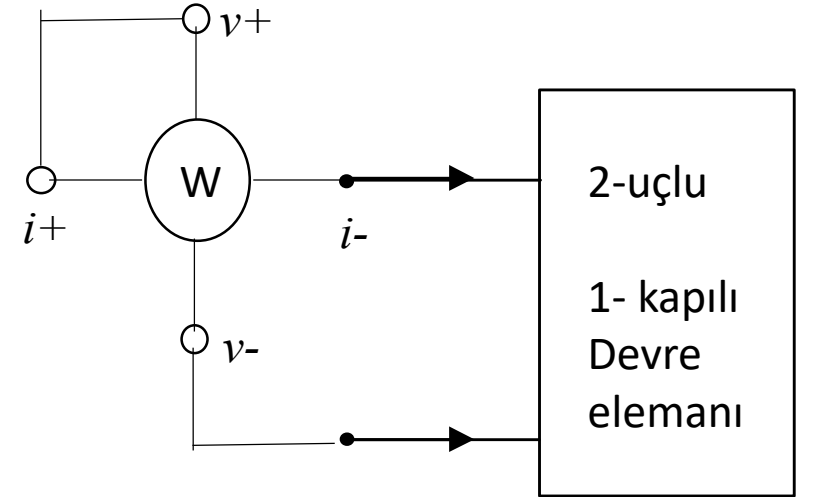


Voltmetre

$$R_V = \infty\Omega$$

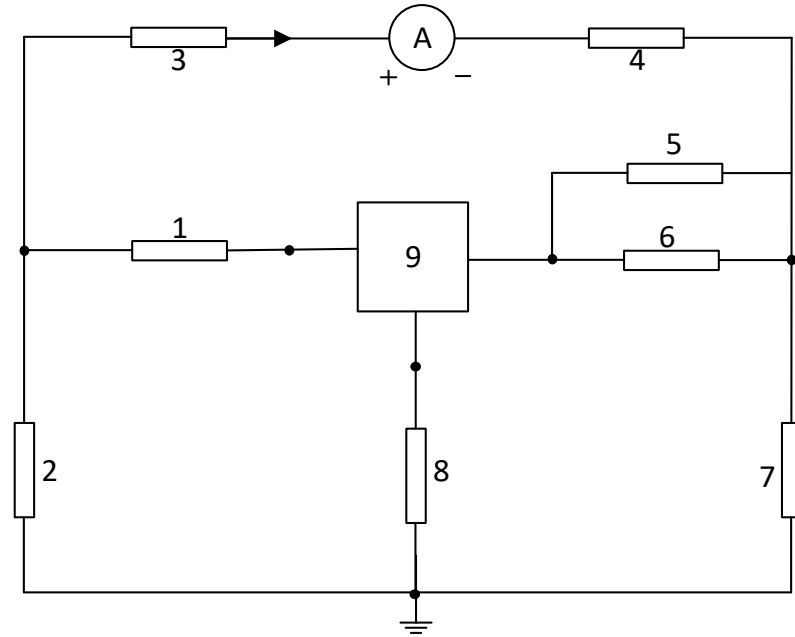
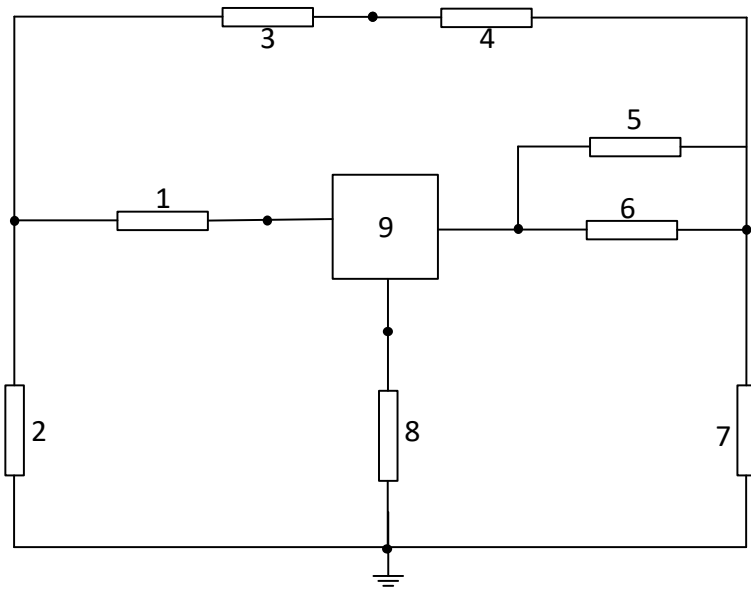
(açık devre)

$$i_v = 0A$$

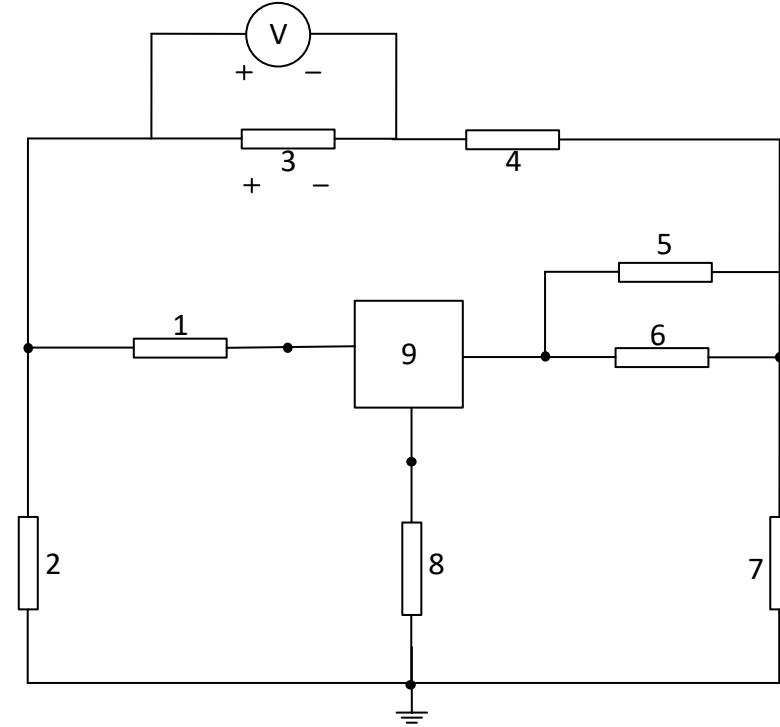
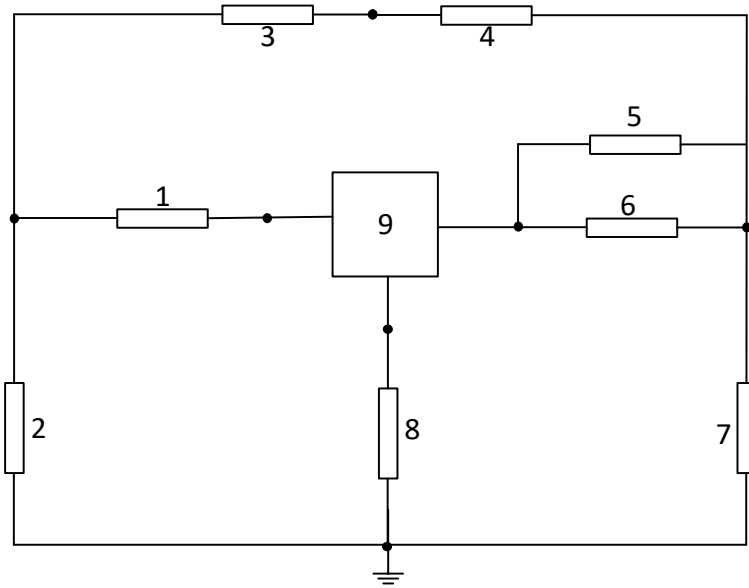


Akım Ölçülmesi: Akım $i(t)$ ölçmek için önce akım ölçülecek uca bir ok işareti konur. Bu akım oku akım referansıdır. Akım okunun gösterdiği yöne akım referans yönü denir. Akım okunun yönü keyfi seçilebilir. Akım ölçülecek uç bağlı olduğu düğümden ayrılır ve düğüm ile uç arasına ampermetre bağlanır. Bu bağlantı seri yapılır. Öyle ki ampermetrenin (+) ucu akım okunun kuyruğu ile (-) ucu ise akım okunun sivri ucu ile aynı yönde olsun. Bu durumda ölçü aletinin gösterdiği reel sayıya seçilen referansa göre ilgilenen uca ilişkin akım denilir.

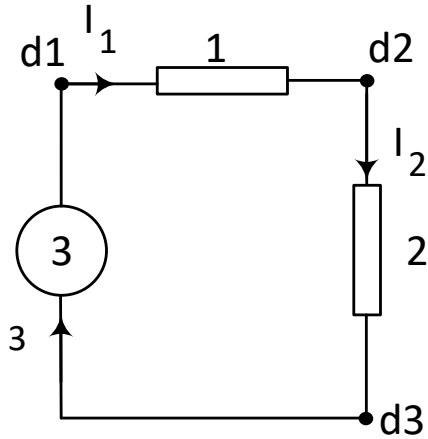
Akım, ampermetrenin gösterdiği reel sayıdır. Tanımlanmamış büyüklüktür. Ampermetreler ters olarak da bağlanabilir. Bu durumda ölçü aleti daha önce göstermiş olduğu reel sayının (-) işaretlisini gösterir.



Gerilim Ölçülmesi: Gerilim bir elektrik devresinin her düğüm çifti için ölçülür. Gerilim ölçmek için önce ek alınan düğüm çiftinin bir düğümüne (+) diğer düğümüne (-) işareti konulur. İşte bu (+,-) ifade çiftine gerilim referansı denir. (+) işaretli düğümden (-) işaretli düğüme geçiş yönüne ise gerilim referansının yönü denir. Gerilim ölçmek için uç çiftinin düğümleri ucuna voltmetre bağlanır. Öyle ki voltmetrenin (+) işaretli ucu (+) işaretli düğüme, (-) işaretli ucu (-) işaretli düğüme gelsin. Bu durumda ölçü aletlerinin gösterdiği reel sayıya seçilen referansa göre ilgilenilen uç çiftine ilişkin gerilim denir. Voltmetre düğümler arasına ters yönde de bağlanır. Bu durumda ölçü aleti daha önceki reel sayının (-) işaretlisini gösterir. Gerilimi göstermek için bazen v yerine v_{pq} gibi çift indisli olarak da gösterilebilir. Bu durumda birincil indis (p) gerilimin ölçüldüğü düğüm çiftindeki (+) işaretli düğüm numarasını , ikincil indis (q) gerilimin ölçüldüğü düğüm çiftindeki (-) işaretli düğüm numarasını gösterir.



Örnek:



$$v_{12} = 6 \text{ V}$$

$$I_1 = 2 \text{ A}$$

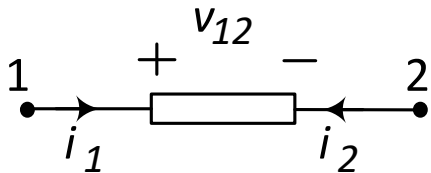
$$v_{23} = 18 \text{ V}$$

$$I_2 = 2 \text{ A}$$

$$v_{13} = 24 \text{ V}$$

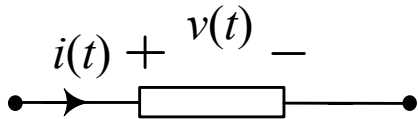
$$I_3 = 2 \text{ A}$$

n-uçlu bir elemanı tanımlamak için (n-1) tane akım, (n-1) tane gerilim ölçümü yapmak yeterlidir.



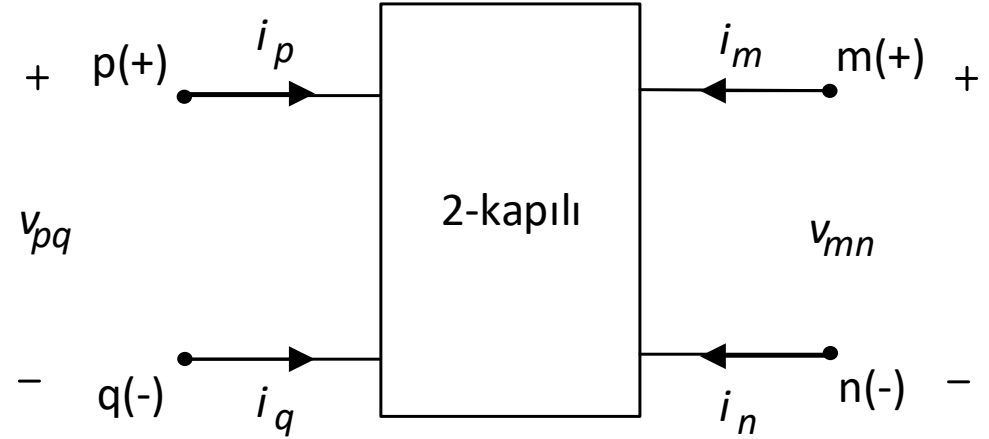
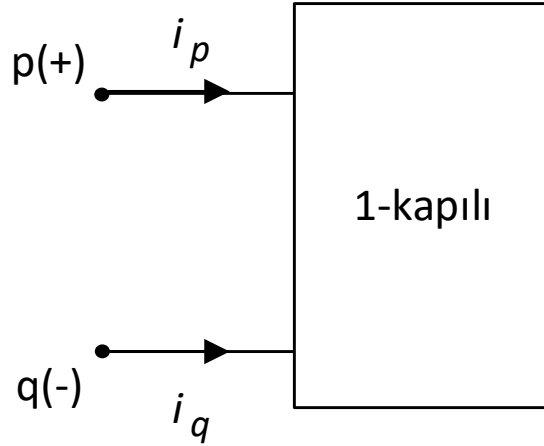
$$i_1 = -i_2$$

Uyumlu Referans Yönü



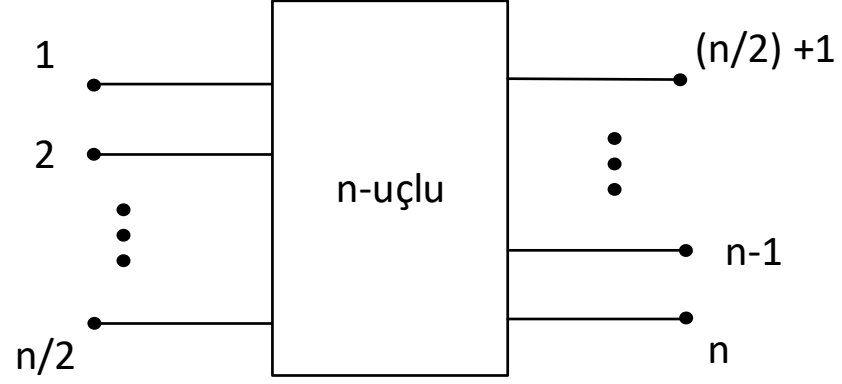
Kapı Tanımı:

Kapı: Eğer her t anı için $i_p = -i_q$ ise (p,q) uç çiftine kapı denir.



$i_p = -i_q$ ise yani bir uçtan giren akım diğer uçtan çıkıyorsa, bu uç çifti bir kapıdır. Yani 2-uçlu elemanlar aynı zamanda 1-kapılı elemanlardır.

i_p akımı kapı akımı olarak adlandırılır. $v_{pq} = v_p - v_q$ gerilimi de kapı gerilimi olarak adlandırılır.



n -uçlu bir devre elemanının bütün özellikleri $(n-1)$ tane akım ve $(n-1)$ tane gerilim büyüklüğü arasında var olan $(n-1)$ tane matematiksel bağıntı ile tamamen belirlidir.

DEVRELER TEORİSİNDE;

AKSİYOMLARI:

1. Kirchhoff'un Akım Yasası
2. Kirchhoff'un Gerilim Yasası
3. n uçlu elemanın $n-1$ tane tanım bağıntısının olması

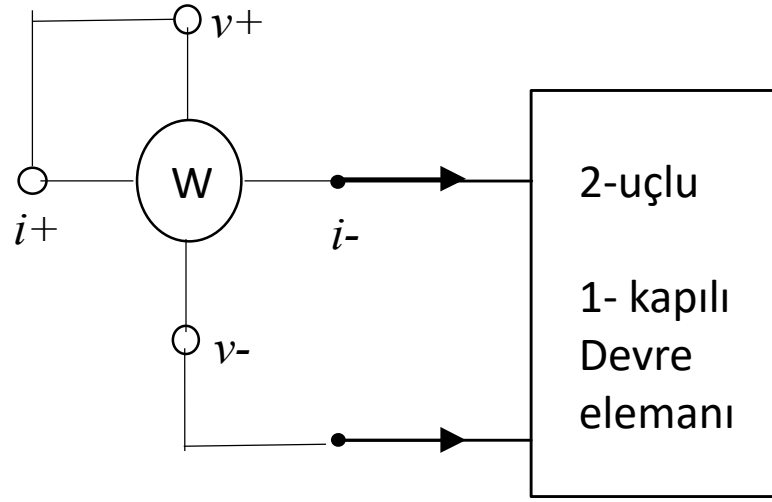
TANIMLANMAMIŞ BÜYÜKLÜKLER:

1. Akım
2. Gerilim

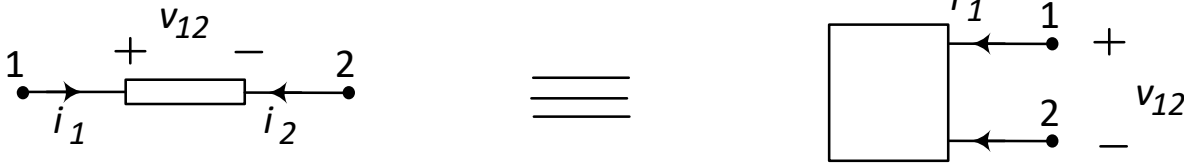
DEVRELER TEORİSİNİN TANIMLANMIŞ BÜYÜKLÜKLERİ:

1. GÜÇ:

Fiziksel bir devreyi oluşturan elemanların her biri için ölçülen reel ve skaler bir büyüklüktür. Wattmetre ile ölçülür. Uyumlu akım ve gerilim referans yönlerine göre ölçüm gerçekleştirilir. Birimi Watt (W)'dır.



• 2-uçlunun (1-kapılının) ani gücü:



Uyumlu referans yönüne dikkat edilir.

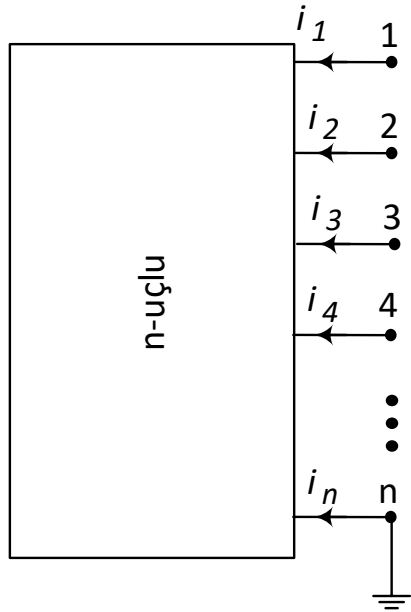
Uyumlu referans yönüne göre $p(t)$ hesaplandı veya ölçüldü ise;

$p(t) > 0$ ise devre elemanı bağlı olduğu devreden güç alır.

$p(t) < 0$ ise devre elemanı bağlı olduğu devreye güç verir.

$p(t) = 0$ ise devre elemanı bağlı olduğu devreden ne güç alır ne de güç verir.

- n-uçlunun ani gücü:



$$v_{1r} = v_1 - v_n = v_{1d}$$

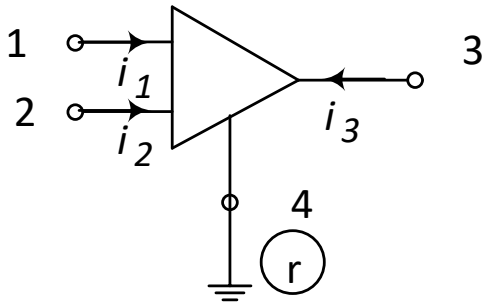
$$v_{2r} = v_2 - v_n = v_{2d}$$

$$v_{3r} = v_3 - v_n = v_{3d}$$

$$v_{nr} = v_n - v_n = v_{nd}$$

$$p(t) = \sum_{k=1}^{n-1} v_{kr} i_k = \sum_{k=1}^{n-1} v_{kd} i_k$$

- 4-uçlu OpAmp Elemanı:



$$i_1 = 0A$$

$$v_{d1} = 1V$$

$$i_2 = 0A$$

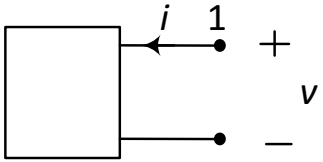
$$v_{d2} = -3V$$

$$i_3 = -1A$$

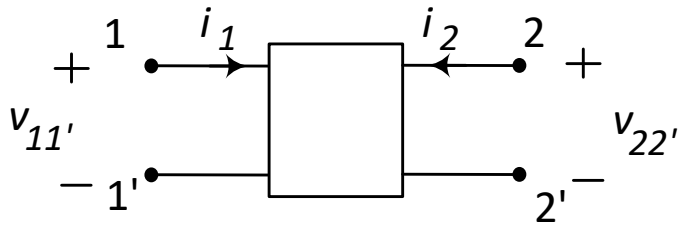
$$v_{d3} = 2V$$

$$p = -1.2 = -2W$$

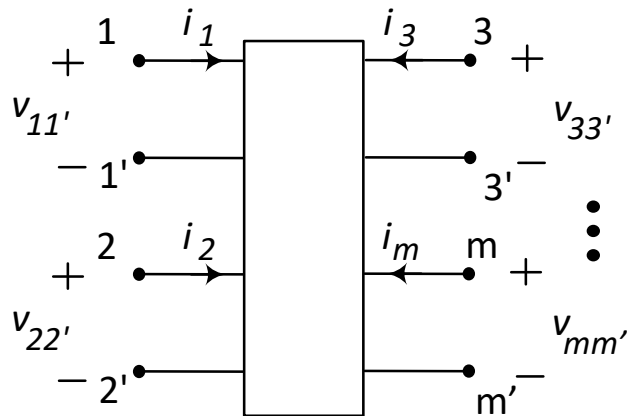
- Çok kapılının (m-kapılı) ani gücü:



$$p_{1\text{-kapılı}} = vi$$



$$p_{2\text{-kapılı}} = v_{11}i_1 + v_{22}i_2$$



$$p_{m\text{-kapılı}} = v_{11}i_1 + v_{22}i_2 + v_{33}i_3 + \cdots + v_{mm}i_m = \sum_{k=1}^m v_{kk}i_k$$

Enerji [Joule]

$$w(t) = \int_{-\infty}^t p(\tau) d\tau = \int_{-\infty}^{t_0} p(\tau) d\tau + \int_{t_0}^t p(\tau) d\tau$$

$$w(t) = w(t_0) + \int_{t_0}^t p(\tau) d\tau$$

$w(t) > 0 \rightarrow$ eleman $(-\infty, t]$ zaman aralığında devreden enerji alır.

$w(t) < 0 \rightarrow$ eleman $(-\infty, t]$ zaman aralığında devreye enerji verir.

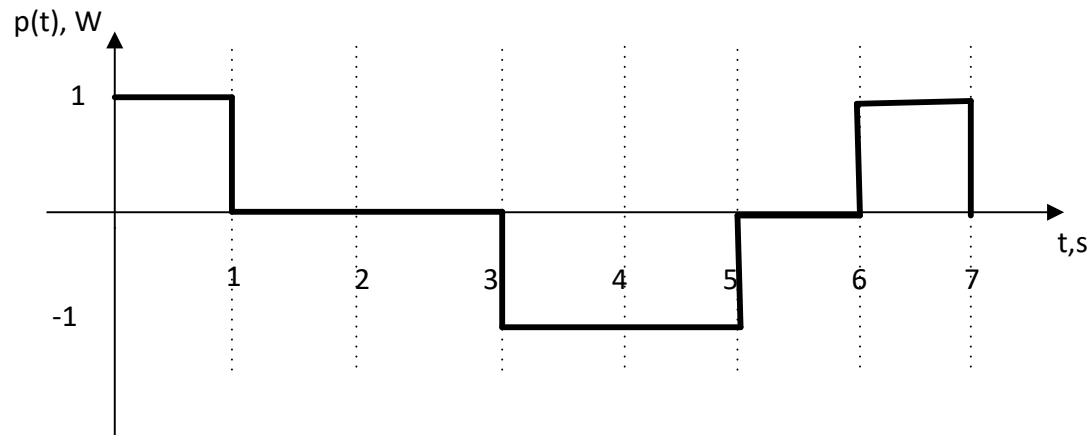
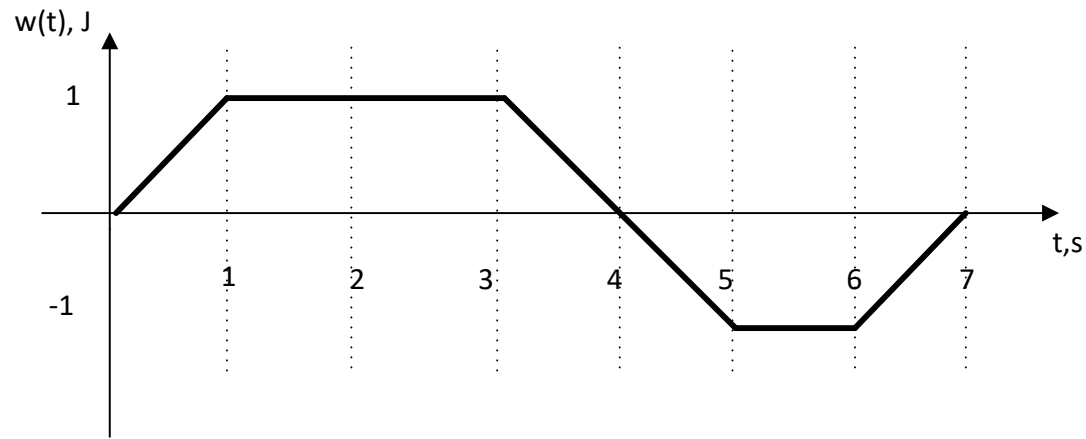
$w(t) = 0 \rightarrow$ eleman $(-\infty, t]$ zaman aralığında devreden enerji ne alır ne de verir.

$$p(t) = \frac{dw(t)}{dt}$$

Enerji [Joule]

Örneğin;

$$w(t_0) = w(0) = 0 \text{ J iken;}$$



Yük [Coulomb]

$$q(t) = \int_{-\infty}^t i(\tau) d\tau = \int_{-\infty}^{t_0} i(\tau) d\tau + \int_{t_0}^t i(\tau) d\tau$$

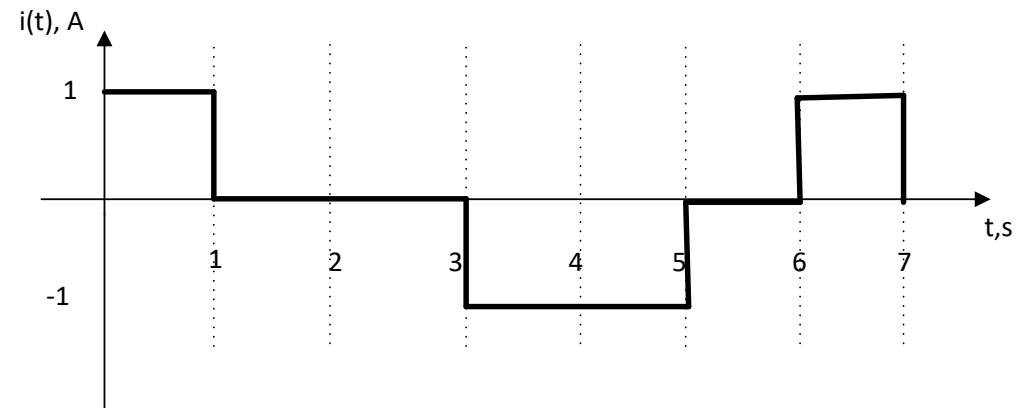
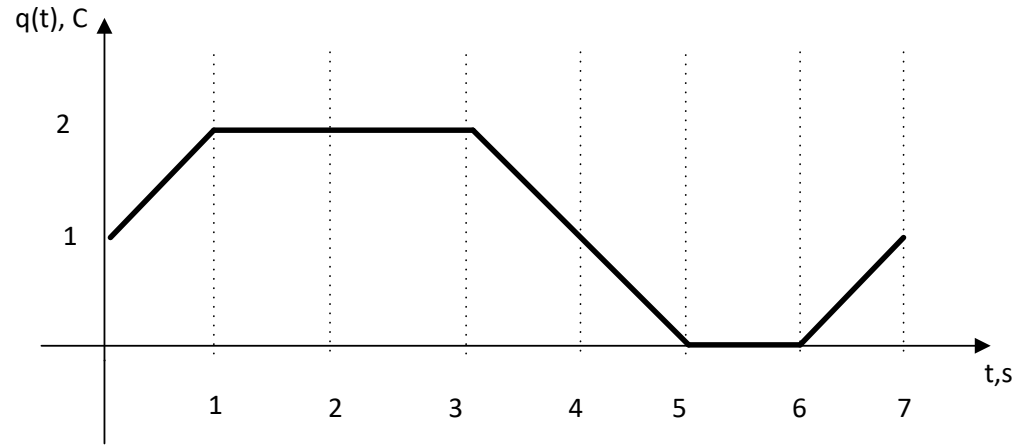
$$q(t) = q(t_0) + \int_{t_0}^t i(\tau) d\tau$$

$$i(t) = \frac{dq(t)}{dt}$$

Yük [Coulomb]

Örneğin;

$$q(t_0) = q(0) = 1 \text{ C iken;}$$



Aki [Weber]

$$\phi(t) = \int_{-\infty}^t v(\tau) d\tau = \int_{-\infty}^{t_0} v(\tau) d\tau + \int_{t_0}^t v(\tau) d\tau$$

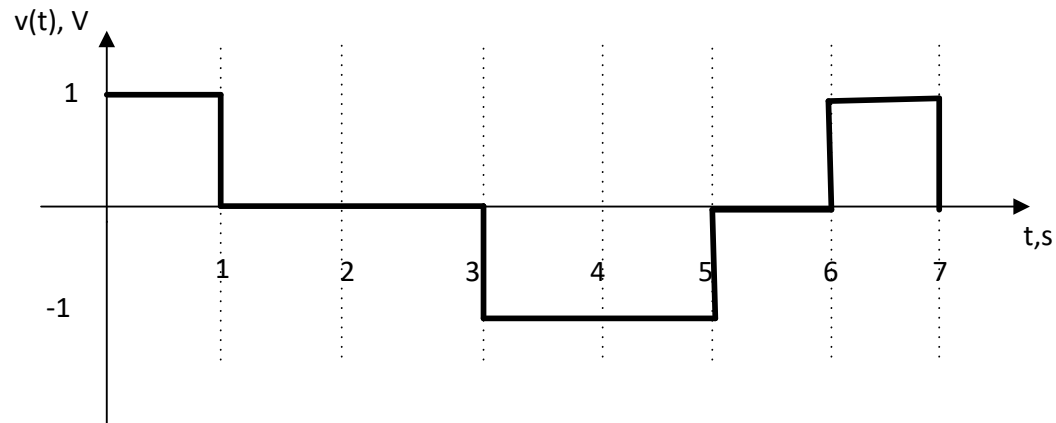
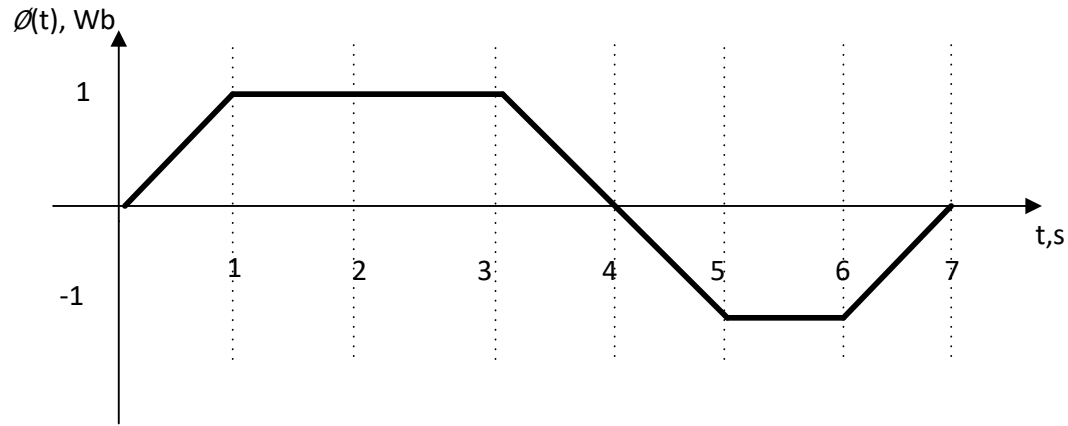
$$\phi(t) = \phi(t_0) + \int_{t_0}^t v(\tau) d\tau$$

$$v(t) = \frac{d\phi(t)}{dt}$$

Φ [Weber]

Örneğin;

$\Phi(t_0) = \Phi(0) = 0 \text{ Wb}$ iken;



Uluslararası Birim Sistemi

SI Standartı: International System of Units (1960's), (Fransızca: Système international d'unités, kısaca SI)

Büyüklik	Sembol	SI Birimi	Kısaltma
Uzunluk	l	metre	m
Kütle	m	kilogram	kg
Zaman	t	saniye	s
Akım	i	amper	A
Gerilim	v	volt	V
Yük	q	coulomb	c
Direnç	R	ohm	Ω
İletkenlik	G	Siemens/mho	S/Ω
Frekans	f	hertz	Hz
Enerji	W	joule	J
Güç	p	watt	W
Endüktans	L	Henry	H
Kapasite	C	farad	F

Temel büyüklükler & birimler



İsim	Sembol	İsim	Sembol
Zaman	t	Saniye	s
Kütle	m	Kilogram	kg
Uzunluk	x, r	Metre	m
Elektrik akımı	I, i	Amper	A
Termodinamik sıcaklık	T	Kelvin	K
Madde miktarı	n	Mol	mol
Işık şiddeti	I_v	Kandela	cd

Uluslararası Birim Sistemi

SI Standartı: International System of Units (1960's)

Türetilmiş büyüklükler & birimler

Name	Symbol	Quantity	In SI base units	In other SI units
radian ^[N 1]	rad	plane angle	m/m	1
steradian ^[N 1]	sr	solid angle	m ² /m ²	1
hertz	Hz	frequency	s ⁻¹	
newton	N	force, weight	kg·m·s ⁻²	
pascal	Pa	pressure, stress	kg·m ⁻¹ ·s ⁻²	N/m ² = J/m ³
joule	J	energy, work, heat	kg·m ² ·s ⁻²	N·m = Pa·m ³
watt	W	power, radiant flux	kg·m ² ·s ⁻³	J/s
coulomb	C	electric charge	s·A	
volt	V	electric potential, voltage, emf	kg·m ² ·s ⁻³ ·A ⁻¹	W/A = J/C
farad	F	capacitance	kg ⁻¹ ·m ⁻² ·s ⁴ ·A ²	C/V = C ² /J
ohm	Ω	resistance, impedance, reactance	kg·m ² ·s ⁻³ ·A ⁻²	V/A = J·s/C ²
siemens	S	electrical conductance	kg ⁻¹ ·m ⁻² ·s ³ ·A ²	Ω ⁻¹
weber	Wb	magnetic flux	kg·m ² ·s ⁻² ·A ⁻¹	V·s
tesla	T	magnetic flux density	kg·s ⁻² ·A ⁻¹	Wb/m ²
henry	H	inductance	kg·m ² ·s ⁻² ·A ⁻²	Wb/A
degree Celsius	°C	temperature relative to 273.15 K	K	
lumen	lm	luminous flux	cd·m ² /m ²	cd·sr
lux	lx	illuminance	cd·m ² /m ⁴	lm/m ² = cd·sr·m ⁻²

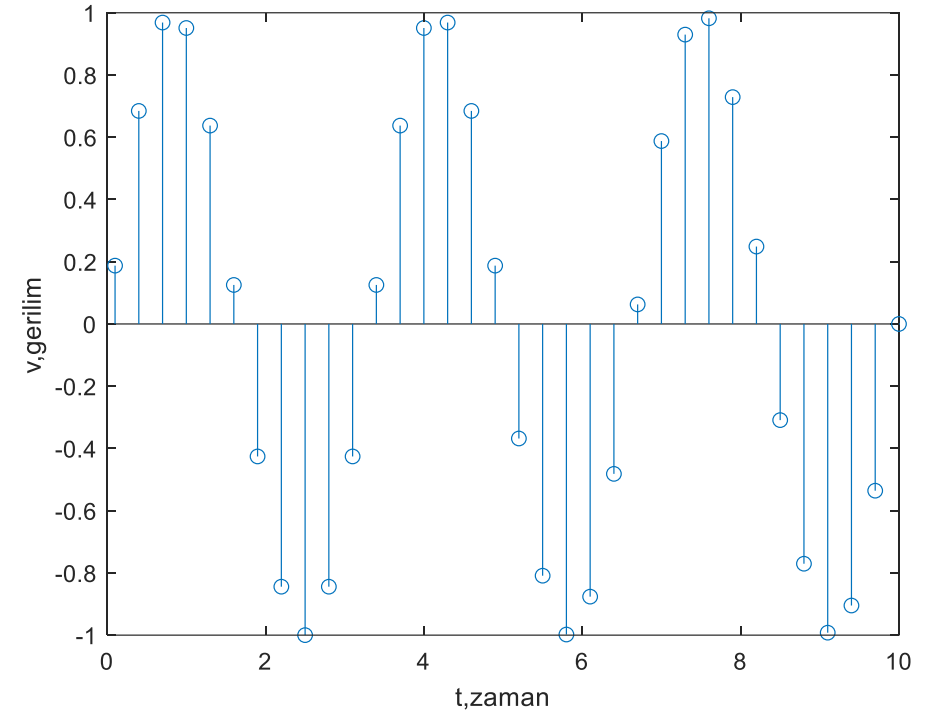
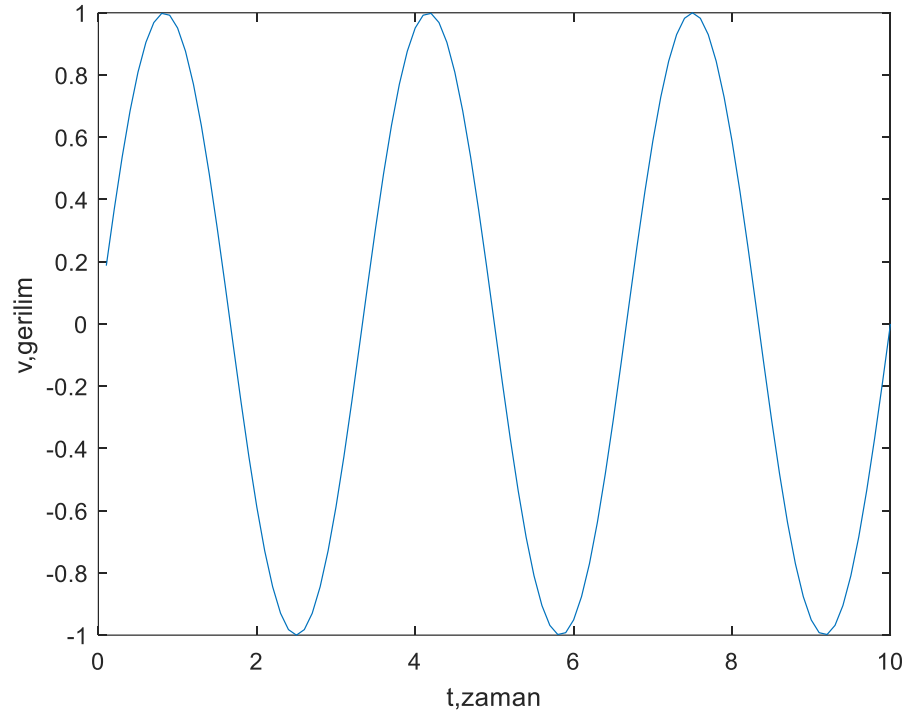
SI Birimlerinin Önekleri

Önek	Çarpan	Sembol
femto	10^{-15}	f
piko	10^{-12}	p
nano	10^{-9}	n
mikro	10^{-6}	μ
mili	10^{-3}	m
kilo	10^3	k
mega	10^6	M
giga	10^9	G
tera	10^{12}	T
peta	10^{15}	P

Elektriksel İşaretler

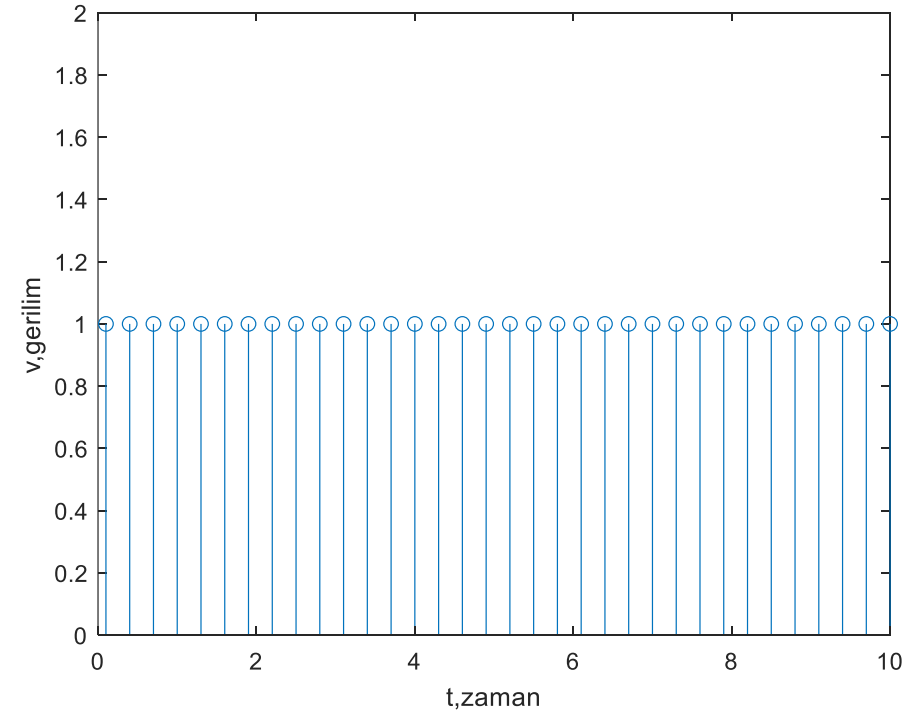
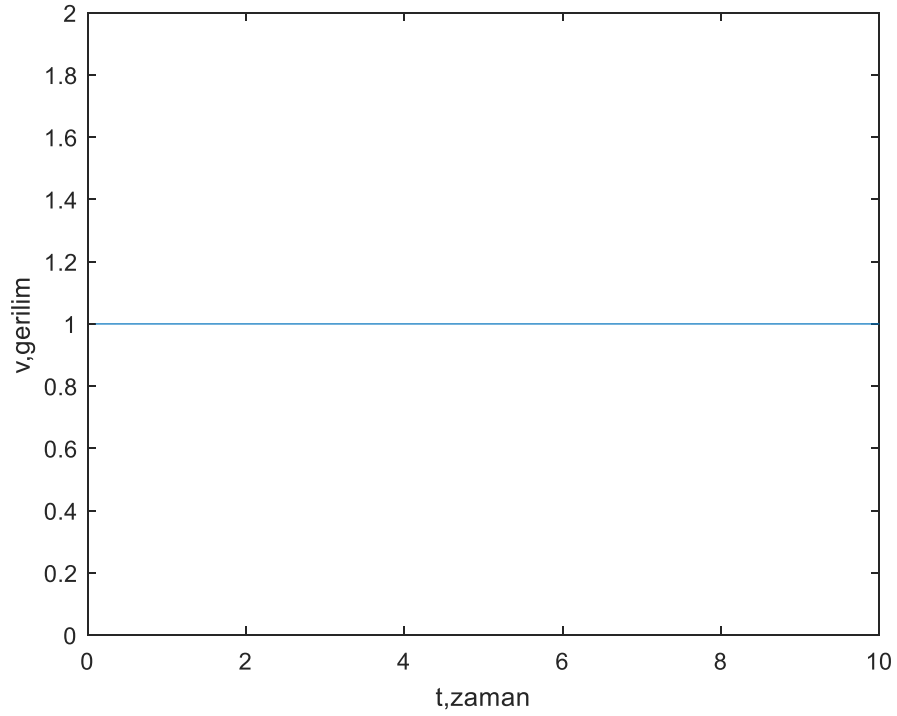
Elektriksel İşaretlerin Sınıflandırılması:

1. Sürekli (Analog) ve Ayırık Zamanlı (discrete time) İşaretler



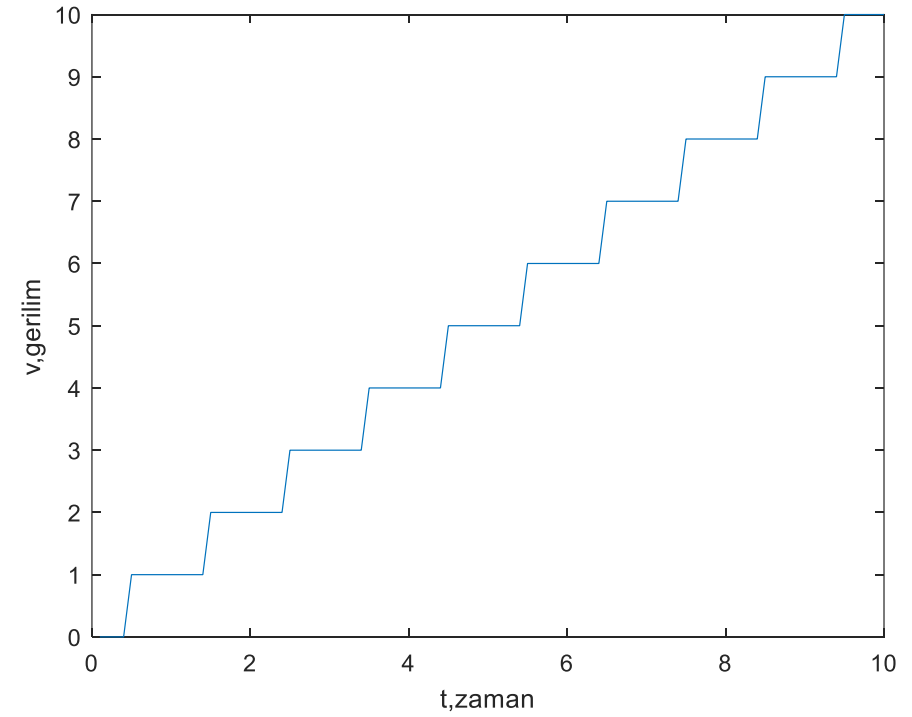
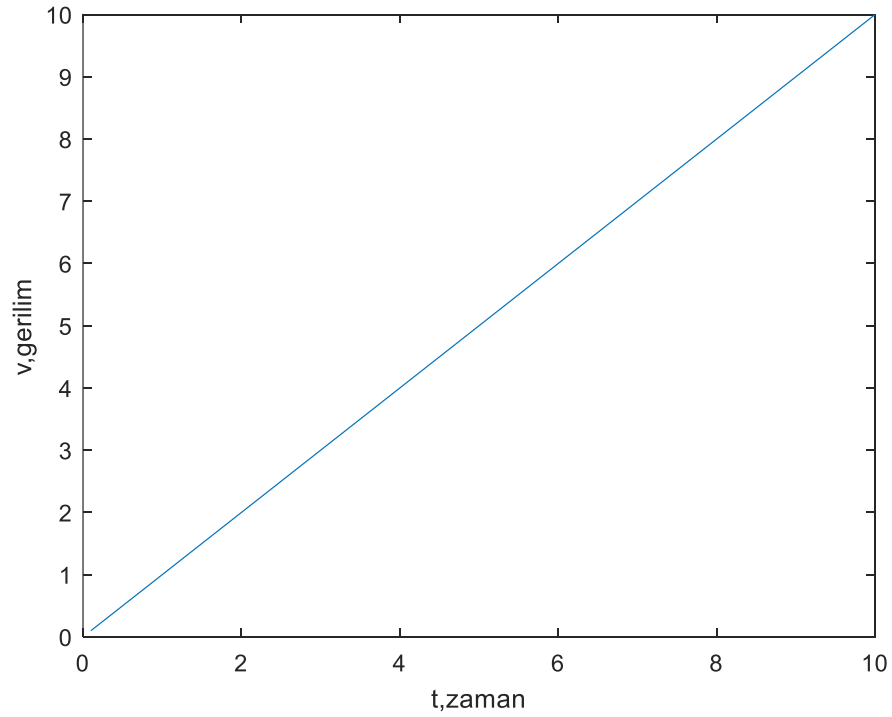
Elektriksel İşaretlerin Sınıflandırılması

1. Sürekli (Analog) ve Ayırık Zamanlı İşaretler



Elektriksel İşaretlerin Sınıflandırılması

2. Analog (sürekli zaman) ve Dijital (digital) işaretler

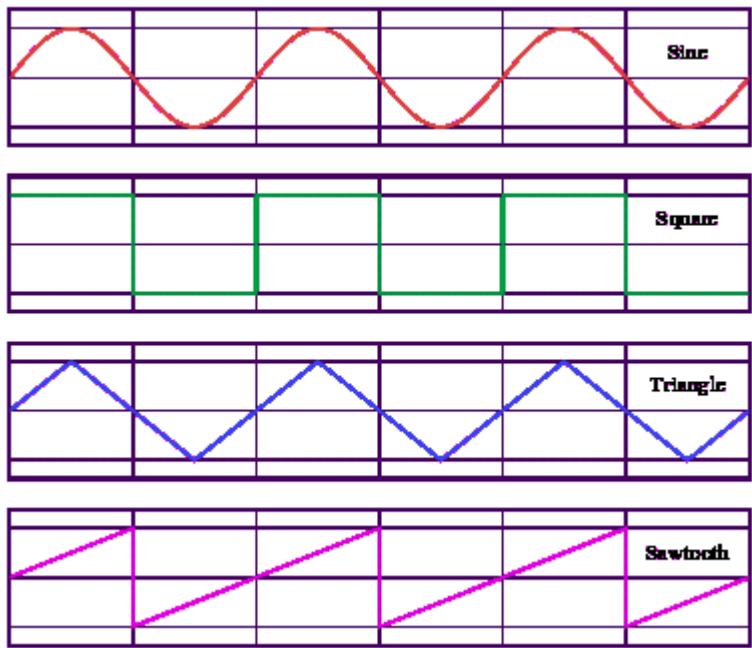


0100111101

**Digital
Signal**

Elektriksel İşaretlerin Sınıflandırılması

3. Periyodik ve Periyodik Olmayan İşaretler

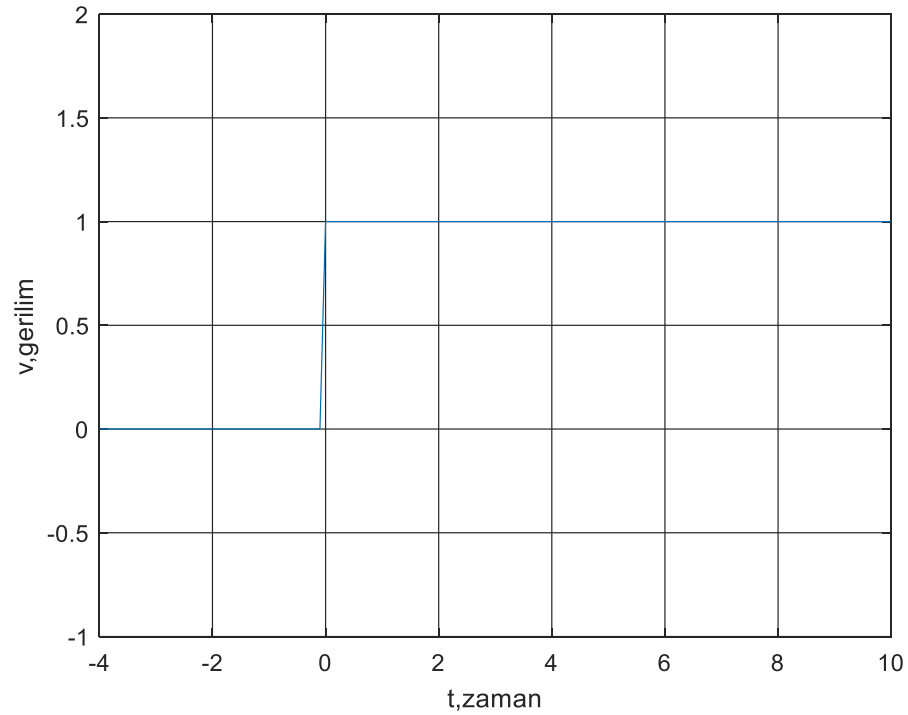


T: periyot

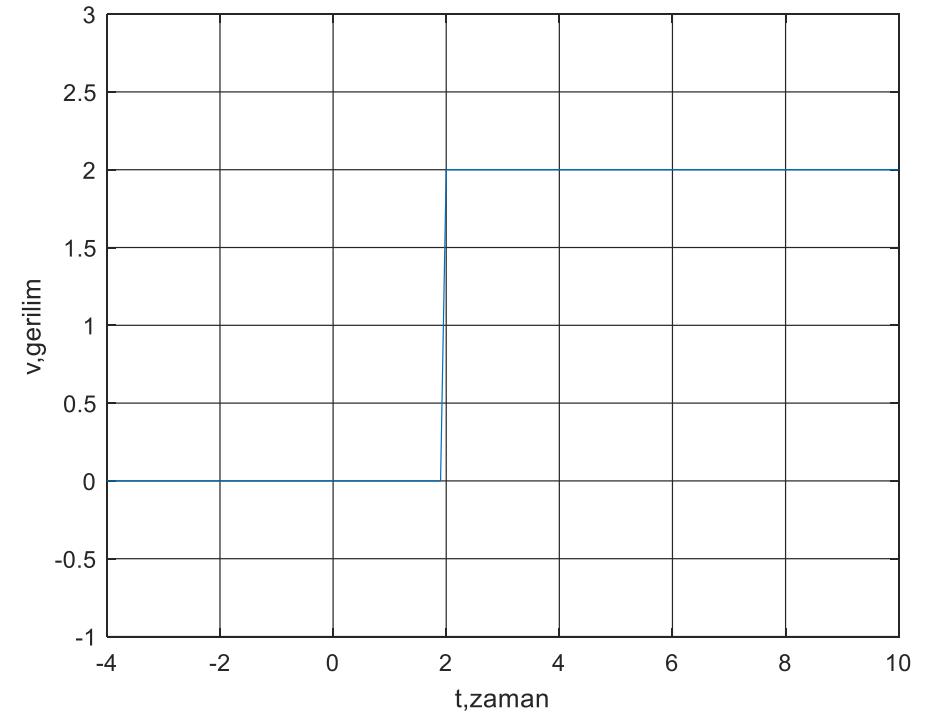
0-1-1-0-1-1-0-1-1-0-1-1

Sürekli Zamanlı Aperiyeodik İşaretler

Basamak Fonksiyonu:



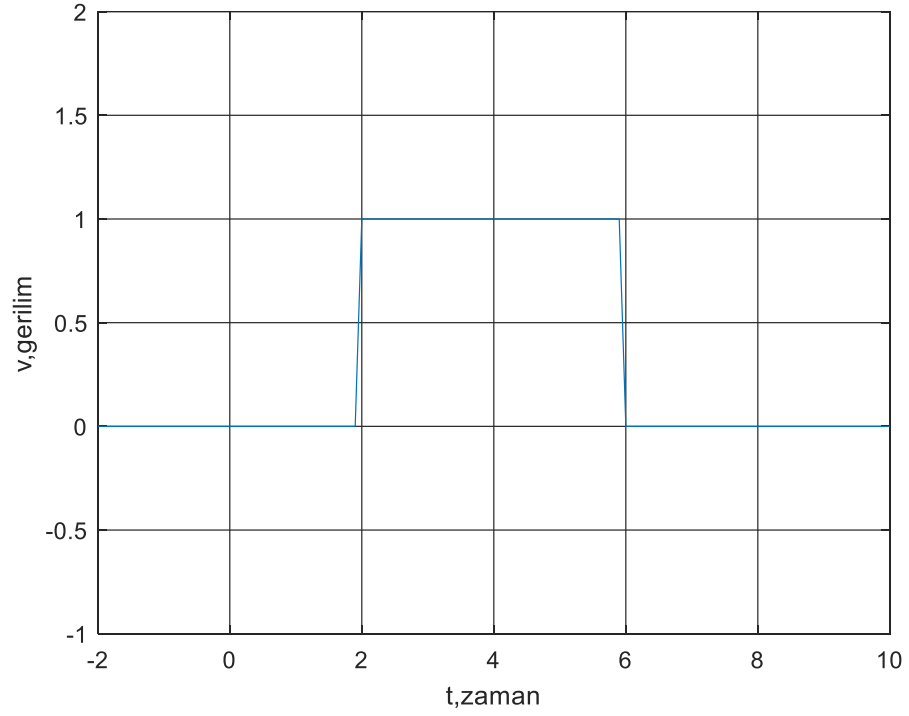
$$f(t) = u(t)$$
$$f(t) = K \cdot u(t)$$



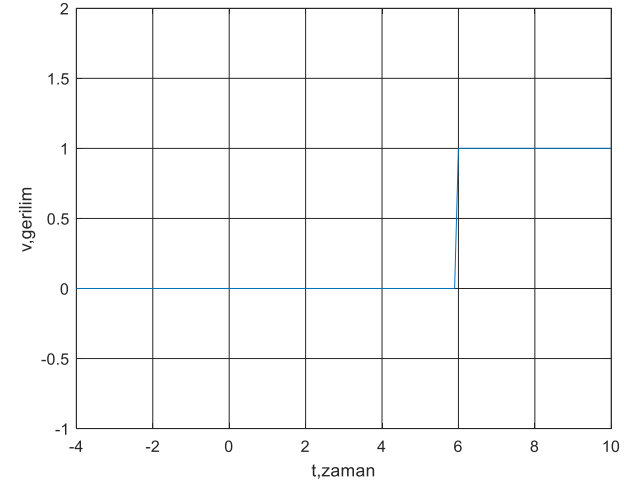
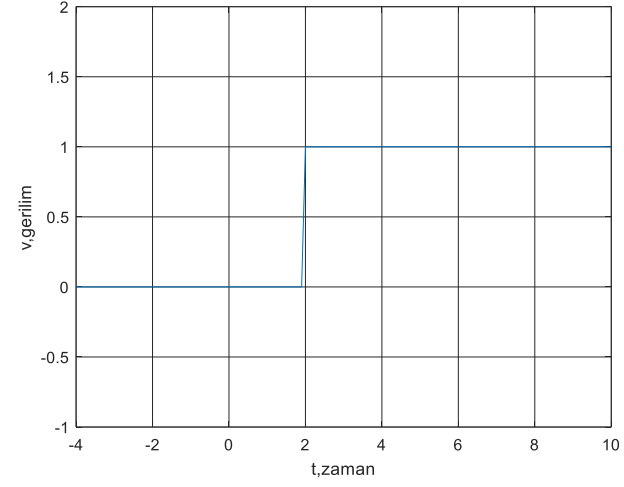
$$f(t) = 2u(t - 2)$$

Sürekli Zamanlı Aperiyeodik İşaretler

Darbe Fonksiyonu:



$$f(t) = (u(t - 2) - u(t - 6))$$



Sürekli Zamanlı Aperiodyk İşaretler

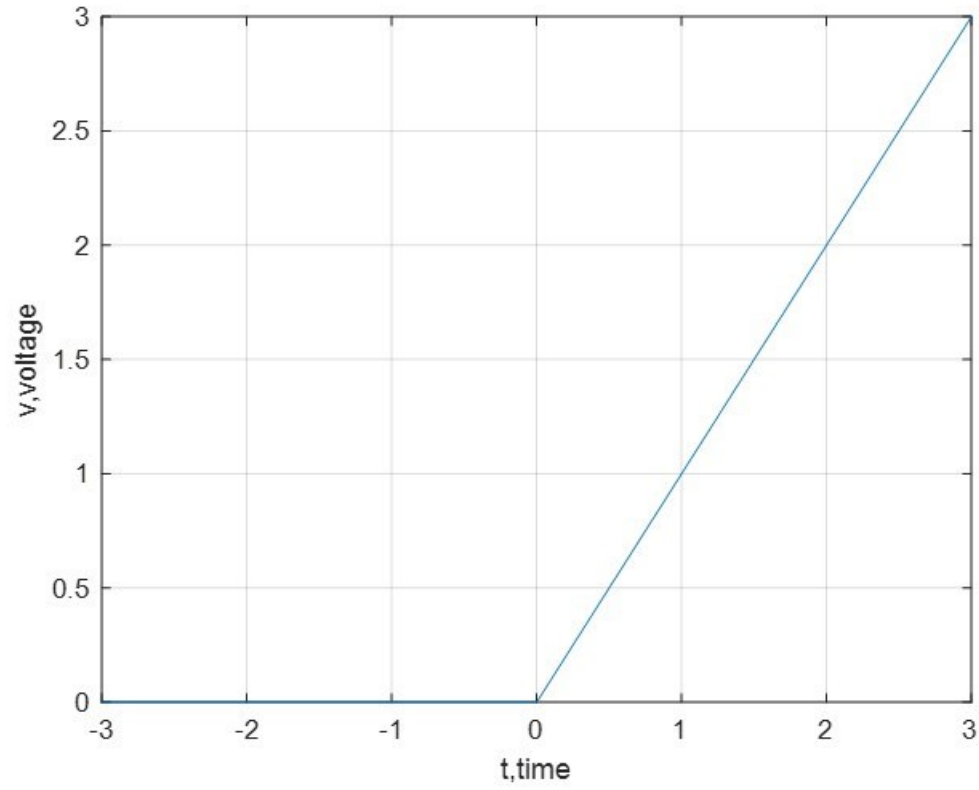
Örnek: Aşağıdaki işaretleri çizelim.

$$v(t) = (t-1)[u(t)-u(t-2)] + (-t+3)[u(t-2)-u(t-4)]$$

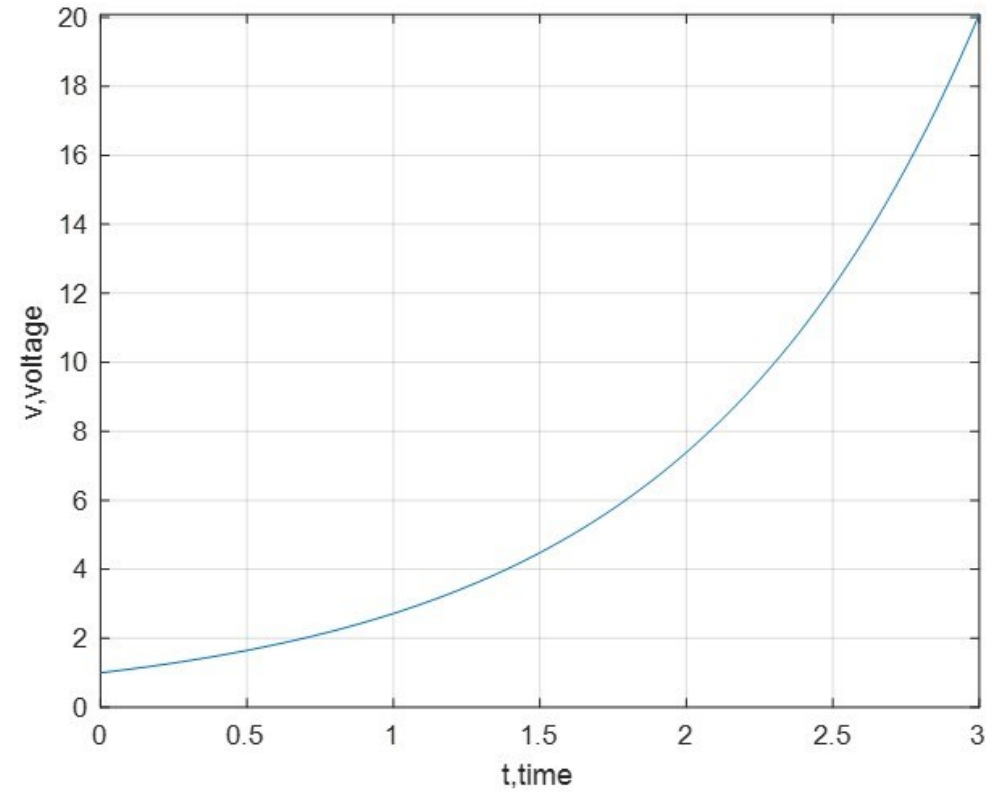
$$v_C(t) = (1-2e^{-t})[u(t)-u(t-5)] + (2e^{-(t-5)}-1)[u(t-5)-u(t-10)] \quad \bar{V}$$

Sürekli Zamanlı Aperiyeodik İşaretler

Rampa Fonksiyonu

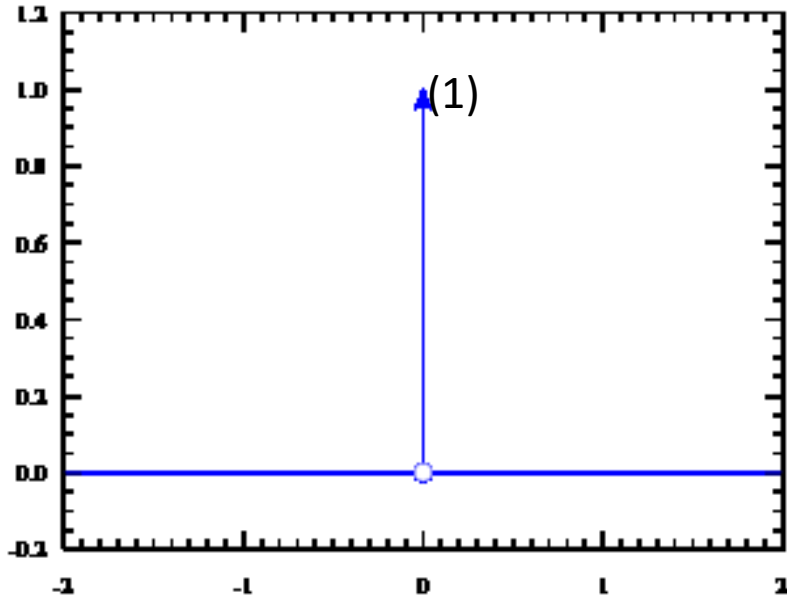


Üstel Fonksiyonu

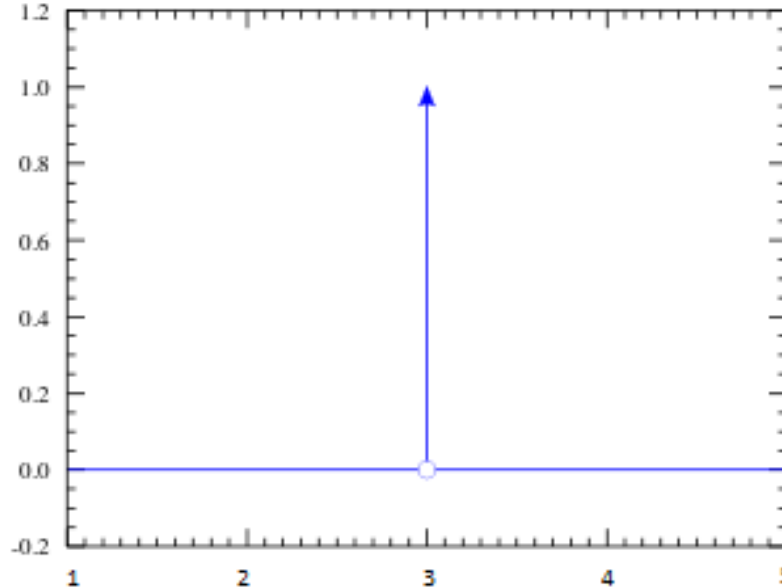


Sürekli Zamanlı Aperiodyk İşaretler

Impuls(Dirac Delta) Fonksiyonu:



$$f(t) = \delta(t)$$



$$f(t) = \delta(t-3)$$

$$f(t) \triangleq A\delta(t)$$

$$\begin{aligned} f(t) &= \infty & t &= 0 \\ f(t) &= 0 & t &\neq 0 \end{aligned}$$

A: impuls fonksiyonunun alanıdır. A=1 ise birim impuls fonksiyonu denir.

$$\int_{-\infty}^{\infty} \delta(t).dt = \int_{0^-}^{0^+} \delta(t).dt = 1$$

$$\int_{-\infty}^{\infty} A\delta(t).dt = \int_{0^-}^{0^+} A\delta(t).dt = A$$

$$\delta(t) = \frac{d}{dt}u(t)$$

$$f(t)\delta(t) = f(0)\delta(t)$$

$$\int_{-\infty}^{\infty} f(t)\delta(t).dt = f(0)$$

$$\int_{-\infty}^{\infty} f(t)\delta(t-t_1).dt = f(t_1)$$

Sürekli Zamanlı Periyodik İşaretler

$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$$

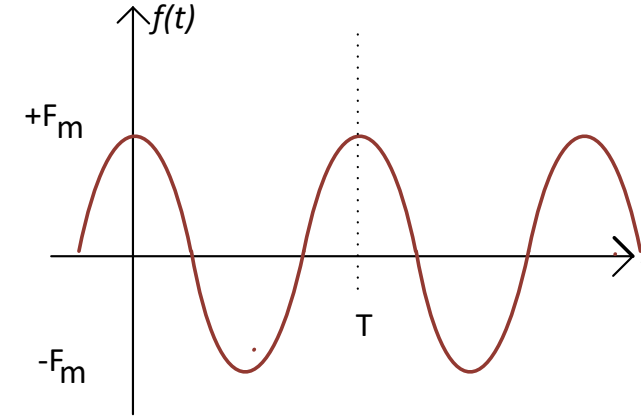
T : işaretin periyodu [s]

f : işaretin frekansı [Hz]

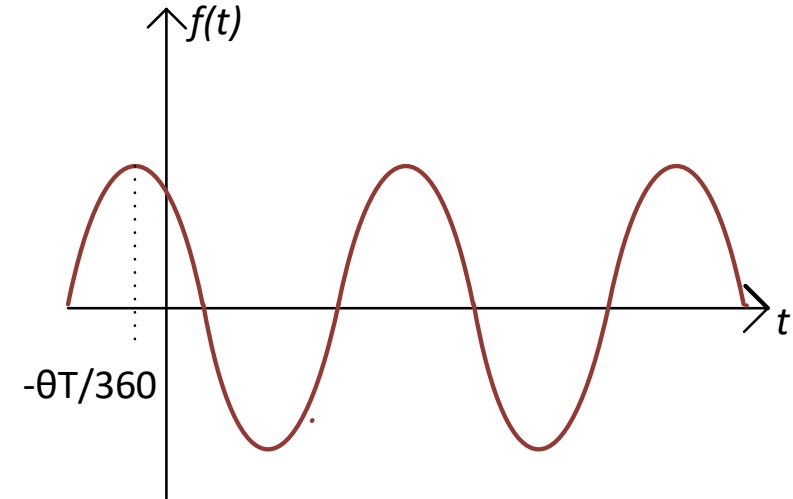
ω : açısal frekans [rad/s]

F_m : maksimum genlik

$$f(t) = F_m \cos \omega t$$



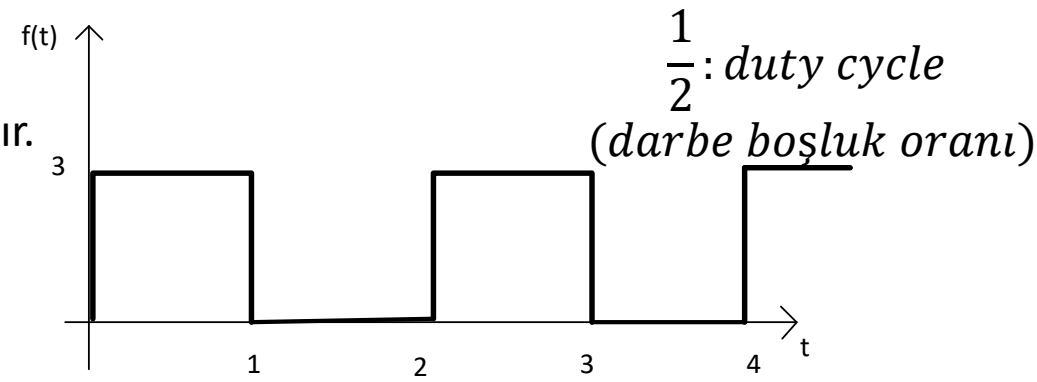
İşaretin $\frac{\theta T}{360}$ kadar ileride olması



$$f(t) = F_m \cos(\omega t + \theta)$$

Sürekli Zamanlı Periyodik İşaretler

Kare dalga, üçgen dalga, testere dişi periyodik işaretleri bulunmaktadır.



Periyodik işaretlerin ortalama değeri (average value):

$$F_o \triangleq \frac{1}{T} \int_0^T f(t) \cdot dt$$

Bir periyodik işaretin ortamlası işaretin bir periyotluk zaman içindeki işaretin altında kalan alanın periyoda bölünmesine karşılık gelir.

Periyodik işaretlerin efektif değeri (root-mean-square, rms değeri):

$$F_{rms} = F_{eff} \triangleq \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T f(t)^2 dt}$$

Efektif değerin anlamı:

Periyodik işaretli bir kaynak üzerinden beslenen 1Ω değerindeki bir direnç üzerinde harcanan enerji miktarı olsun. Aynı enerjiyi sağlayan DC gerilim veya akım değeri nedir sorusuna karşılık gelen değer, periyodik işaretin efektif değerine karşılık gelir. Bu ifadenin matematiksel çözümlemesi aşağıda verilmiştir.

1Ω değerindeki bir direnç üzerinde DC gerilim veya akım kaynağı uygulandığında dirençte harcanan enerji $f_{DC}^2 \cdot T$ dir.

1Ω değerindeki bir direnç üzerinde periyodik gerilim veya akım kaynağı uygulandığında dirençte harcanan enerji $\int_0^T f(t)^2 dt'$ dir. Bu durumda bu fdc değeri periyodik işaretin efektif değerine karşılık geleceğine göre;

$$f_{DC}^2 \cdot T = \int_0^T f(t)^2 dt \quad \Rightarrow \quad f_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T f(t)^2 dt}$$

Periyodik işaretlerin efektif değeri (root-mean-square, rms değeri):

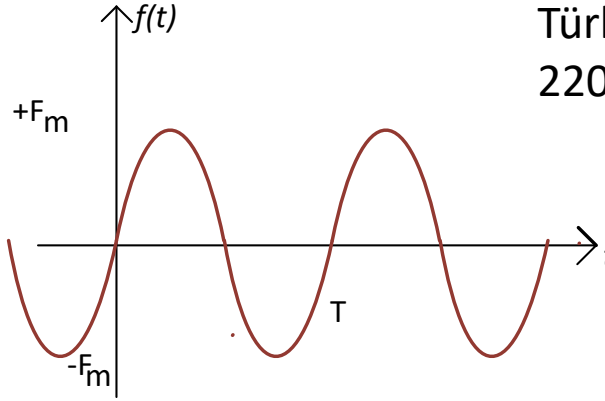
Sinusoidal bir fonksiyonun efektif değeri:

$$F_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T (F_m \sin(\omega t))^2 dt}$$

$$F_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} F_m^2 \int_0^T \frac{1 - \cos(2\omega t)}{2} dt}$$

$$F_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} F_m^2 \left(\frac{t}{2} \Big|_0^T - \frac{\sin(2\omega t)}{2\omega} \Big|_0^T \right)}$$

$$F_{eff} = F_{rms} = \frac{F_m}{\sqrt{2}}$$



Türkiye’de şehir şebeke geriliminin efektif değeri 220 V’dur. Frekansı da 50 Hz’dir.

$$220\sqrt{2} \cong 311 \text{ V}$$

$$311 \sin(2\pi 50 t) \text{ V}$$

Doğru Akım ve Gerilim (Direct Current-DC)

Her t anında dalga şekli sabit olan aperiodyk işaretlere DC işaret denir. DC işaretin ortalama değeri kendisine eşittir. DC akım ve gerilim işaretleri DC ampermetre ve voltmetre ile ölçülür. DC ölçü aletleri ortalama değeri gösterecek şekilde ölçüm yaparlar.

Alternatif Akım ve Gerilim (Alternating Current-AC)

Alternatif akım dalga şekli zamana bağlı olarak değişen ve ortalama değeri 0 olan periyodik işarete AC işaret denir.

AC işaretler AC ölçü aletleri ile ölçülür. AC ölçü aletleri ile sinüsoidal işaretin efektif değerini ölçecek şekilde tasarlanmışlardır. Tepe değerini verecek şekilde tasarlanan ölçü aletleri de mevcuttur. Osiloskop ile de işaretin zamana bağlı olarak değişimi gözlemlenir ve ölçme gerçekleştirilir.