

*Sag olduklar sonra  
kondensatörler akım geçer*

# ELEKTRİK DEVRE TEMELLERİ DERS NOTLARI

9. HAFTA

Kapasitans ve Endüktans

# KAPASİTANS VE ENDÜKTANS

Bu bölümde enerji depolayan pasif elemanlar Kapasitörler ve Endüktörler tanıtılmaktadır.

- **KAPASİTÖRLER**

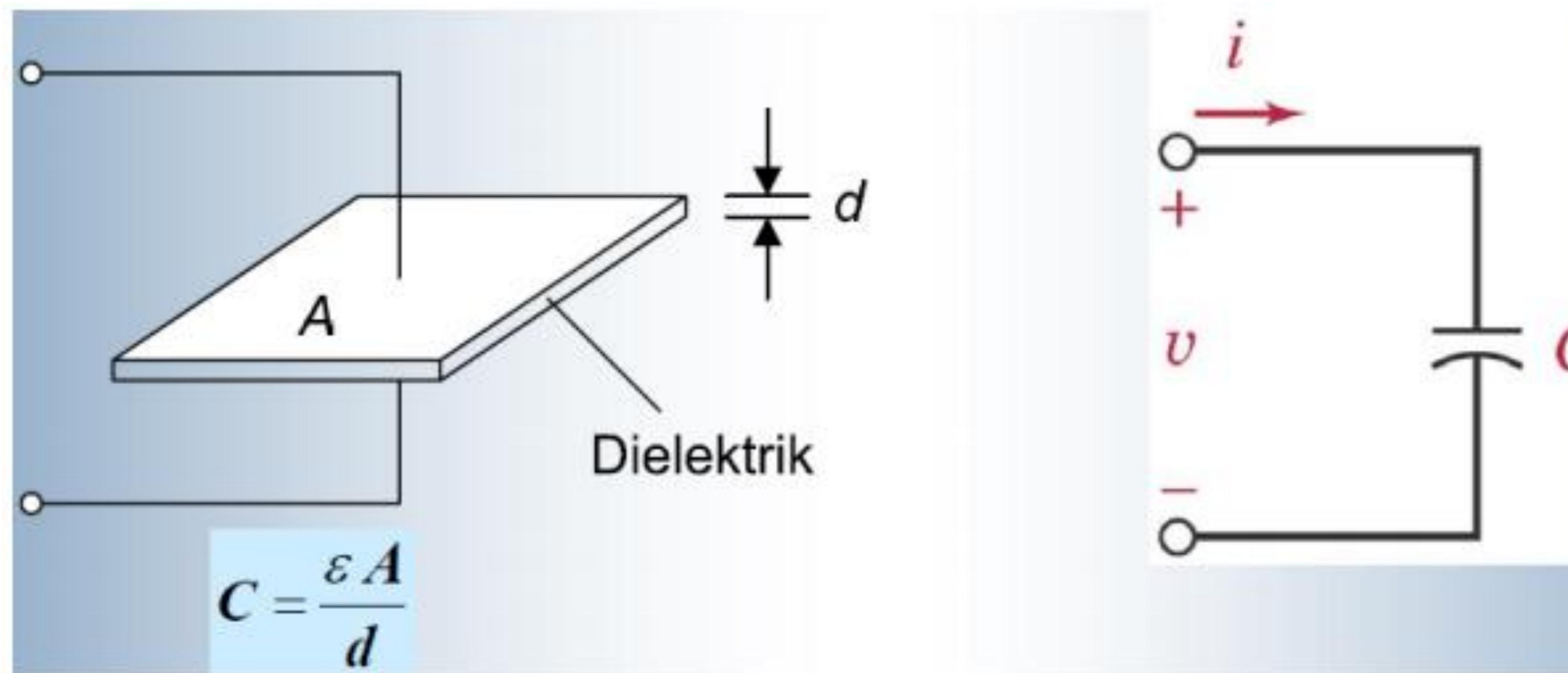
Elektrik alanında enerji depolarlar (elektrostatik enerji).

- **ENDÜKTÖRLER**

Manyetik alanında enerji depolarlar.

# KAPASİTÖRLER

- Kapasitör, iki iletken levha arasına bir bir yalıtkan madde (dielektrik) konularak elde edilen devre elemanıdır.

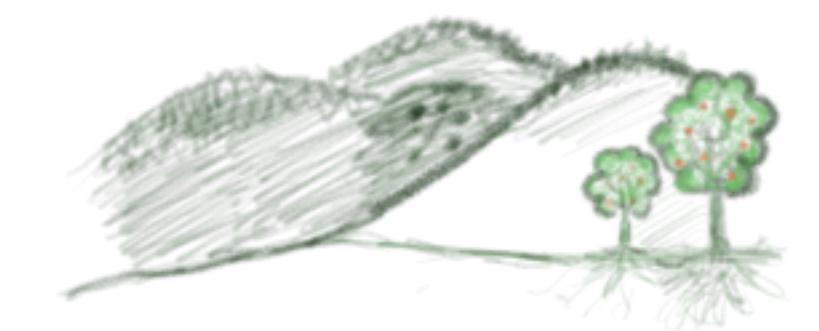


- Paralel plakalı bir kapasitör için kapasitans değeri:

$$C = \epsilon \frac{A}{d}$$

- *Burada,*
- $C$  : Kapasitans değerini, Farad (F),
- $\epsilon$  : Plakalar arasındaki yalıtkan malzemenin dielektrik katsayısını, Farad/metre (F/m),
- $A$  : Plakaların alanını, metrekare ( $m^2$ ),
- $d$  : Plakalar arası mesafeyi, metre (m), ifade eder.

**Örnek:** Alanı  $0,1m^2$  olan plakaların birbirine uzaklığı  $0,01$  m ve plakalar arasında bağıl dielektrik katsayısı 2 olan bir malzeme (havanın dielektrik katsayısı  $\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} F/m$ ) varsa kapasitans değerini hesaplayınız.



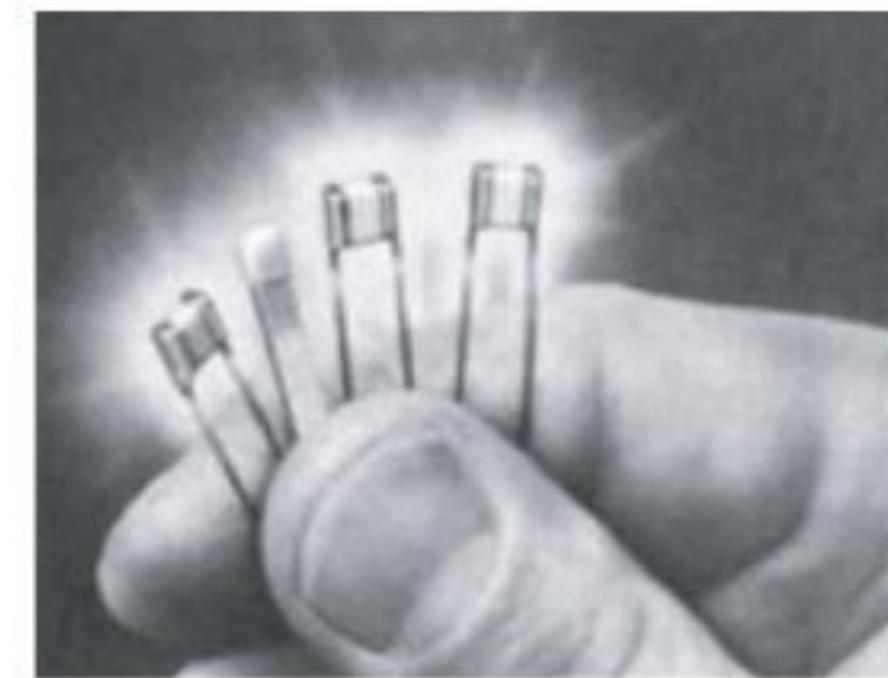
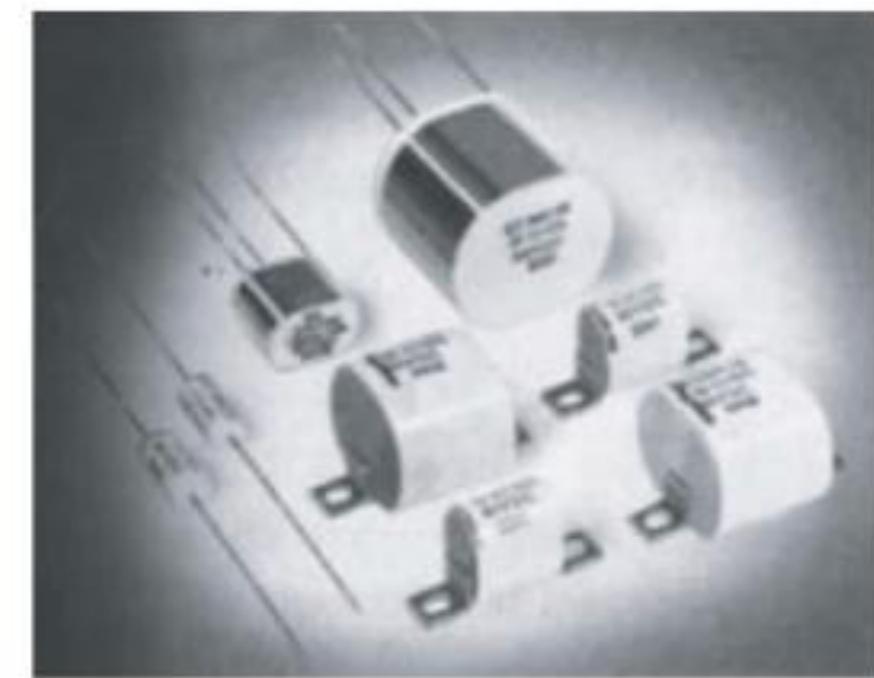
- $\epsilon = \epsilon_r \epsilon_0 = 2 \cdot 8,854 \cdot 10^{-12} = 17,708 \cdot 10^{-12} F/m$
- $C = \epsilon \frac{A}{d} = 17,708 \cdot 10^{-12} \frac{0,1}{0,01} = 17,708 \cdot 10^{-11} = 177,08 pF$

$$C = \epsilon \frac{A}{d}$$

$$\epsilon = \epsilon_0 \epsilon_r$$

birimlerin neye  
elması önemlidir.

# KAPASİTÖRLER



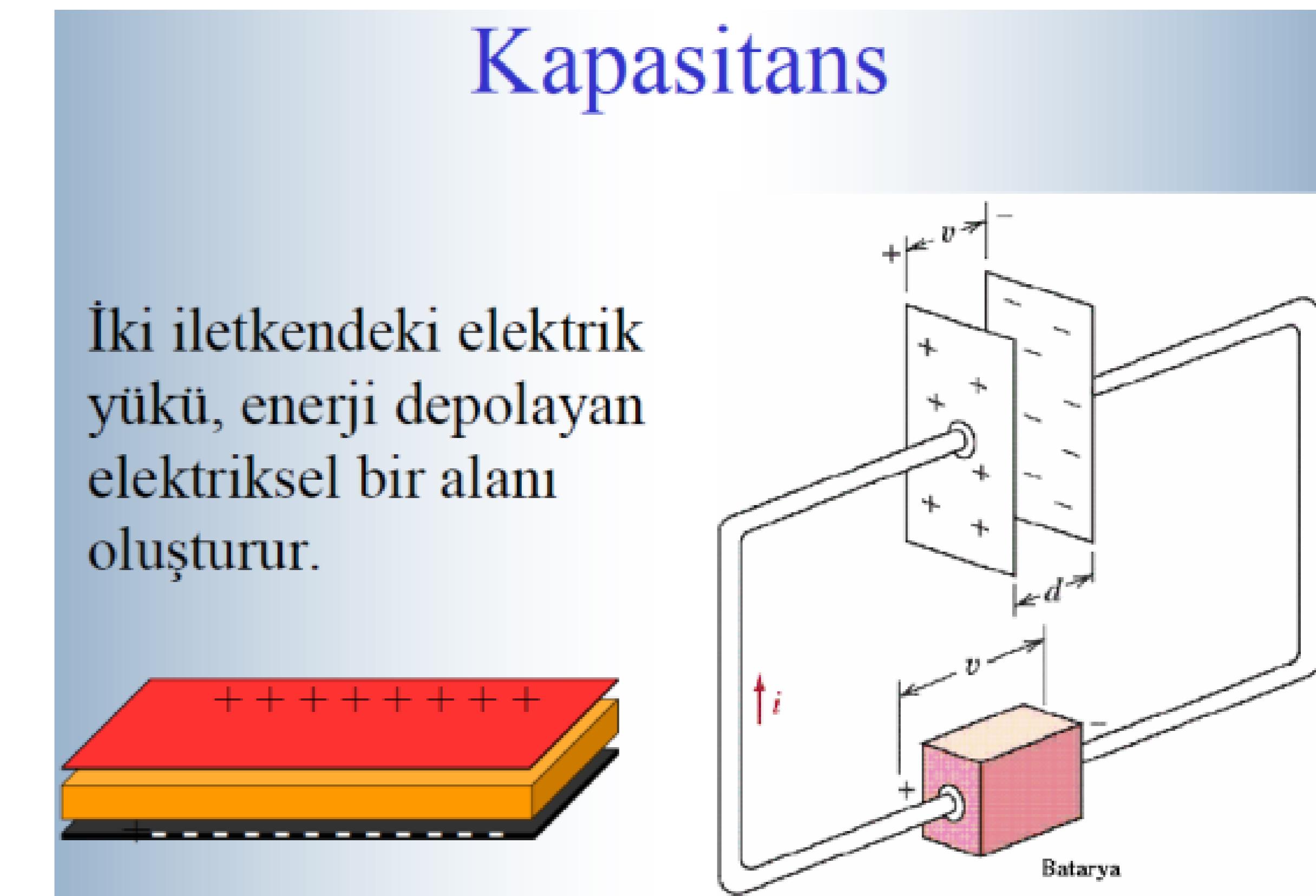
Ceşitli kapasitörler

# KAPASİTÖRLER

- Kapasitörler iletken plakalar arasında kullanılan yalıtkan malzemenin türüne göre sınıflandırılırlar. Yalıtkan malzemeler; ya , bal mumu, polistiren, seramik ya da mika emdirilmiş ka it olabilir.
- Kapasitans'ın birimi, Farad(F)'tir. Kapasitörler sabit ya da değişken olabilirler.
- İki iletken arasındaki gerilim farkı yük ile orantılıdır :

$$q = v C \text{ (coulomb kanunu)}$$

- Bu orantı sabiti  $C$  Kapasitans olarak adlandırılır.



# KAPASİTÖRLER

## ÖRNEK

**2 mikrofaradlık bir kapasitör 10mC lik yüke sahipse  
Kapasitör uçlarındaki gerilimi bulun.**

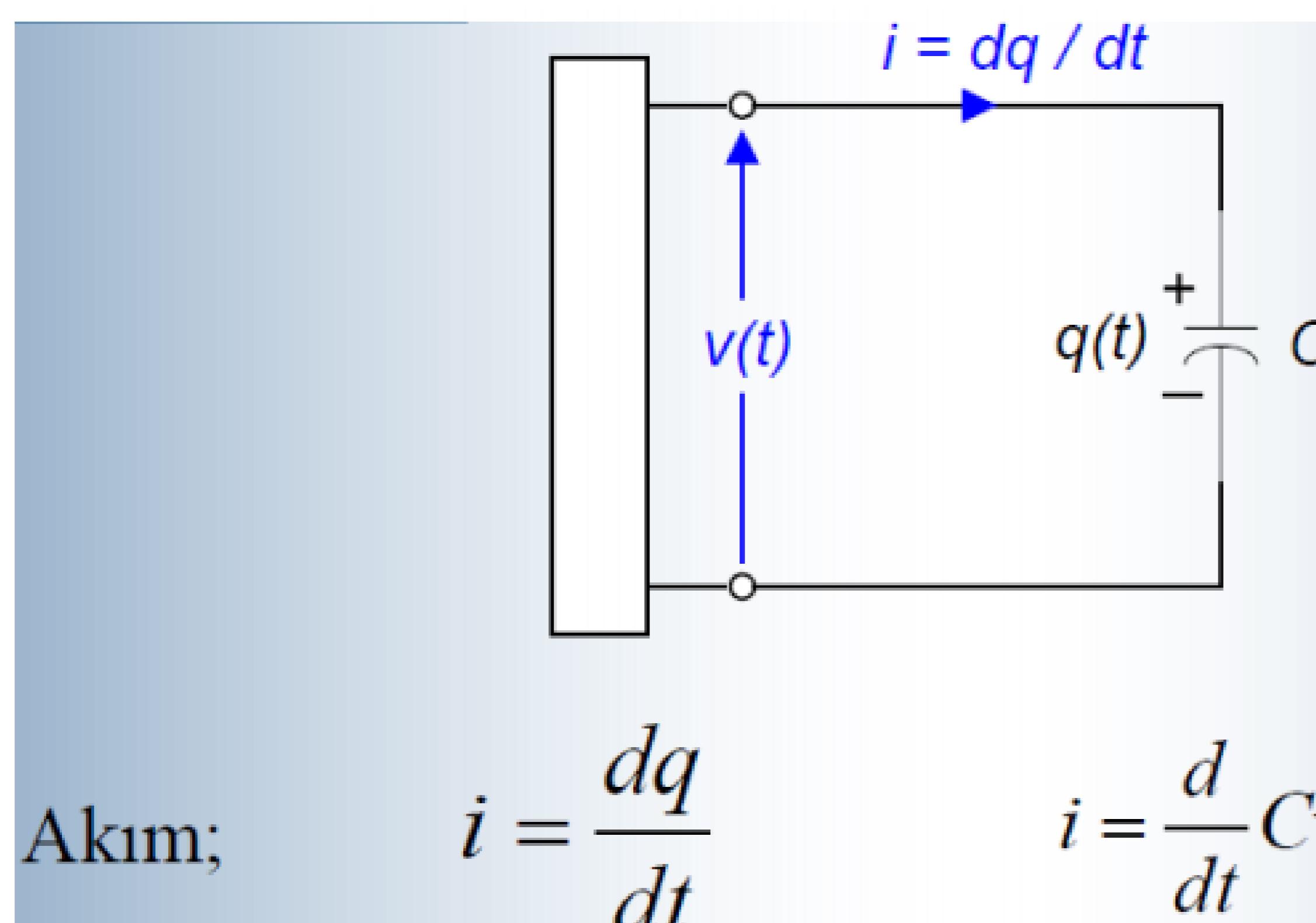
$$V_C = \frac{1}{C} Q = \frac{1}{2 * 10^{-6}} 10 * 10^{-3} = 5000 \text{ V}$$

**Kapasitans Farad olarak, yük Coulomb olarak alındığında gerilim Volt cinsinden bulunur.**

# KAPASİTÖRLER

DC de kondansatörde geçen akım "0" sabit gerilimde

- Kapasitörün akım-gerilim üç karakteristiklikleriyle ilgileneceğiz.



sabit kapasitans için,

$$i = C \frac{dv}{dt}$$

$$dv = \frac{1}{C} i dt$$

$-\infty$ 'dan  $t$ 'ye integralini alalım.  $v(-\infty)=0$  olduğunu varsayırsak,

# KAPASİTÖRLER

## Kapasitör Gerilimi

$$i_C(t) = C \frac{dv_c}{dt}(t)$$

$$v_c(t) = \frac{1}{C} \int_{-\infty}^t i_C(x) dx$$

$$\int_{-\infty}^t = \int_{-\infty}^{t_0} + \int_{t_0}^t$$

$v_c(t_0)$

$$v_c(t) = \frac{1}{C} \int_{-\infty}^{t_0} i_C(x) dx + \frac{1}{C} \int_{t_0}^t i_C(x) dx$$

$$v_c(t) = v_c(t_0) + \frac{1}{C} \int_{t_0}^t i_C(x) dx$$

- Buradaki,  $V(t_0)$ ,  $t=-\infty$  anından  $t=t_0$  anına kadar kapasitör üzerinde biriken yükten dolayı oluşan gerilimdir.

# KAPASİTÖRLER

## Enerji depolama

- Depolanan enerji, elemana verilen güçten elde edilebilir.  
Bu güç;

$$p(t) = v(t)i(t) = Cv(t) \frac{dv(t)}{dt}$$

$$w_c(t) = \int_{-\infty}^t Cv(x) \frac{dv(x)}{dx} dx = C \int_{-\infty}^t v(x) \frac{dv(x)}{dx} dx$$

$$w_c(t) = C \int_{v(-\infty)}^{v(t)} v(x) dv(x) = \frac{1}{2} Cv^2(x) \Big|_{v(-\infty)}^{v(t)}$$

$$w_c(t) = \frac{1}{2} Cv^2(t) \text{ J}$$

# KAPASİTÖRLER

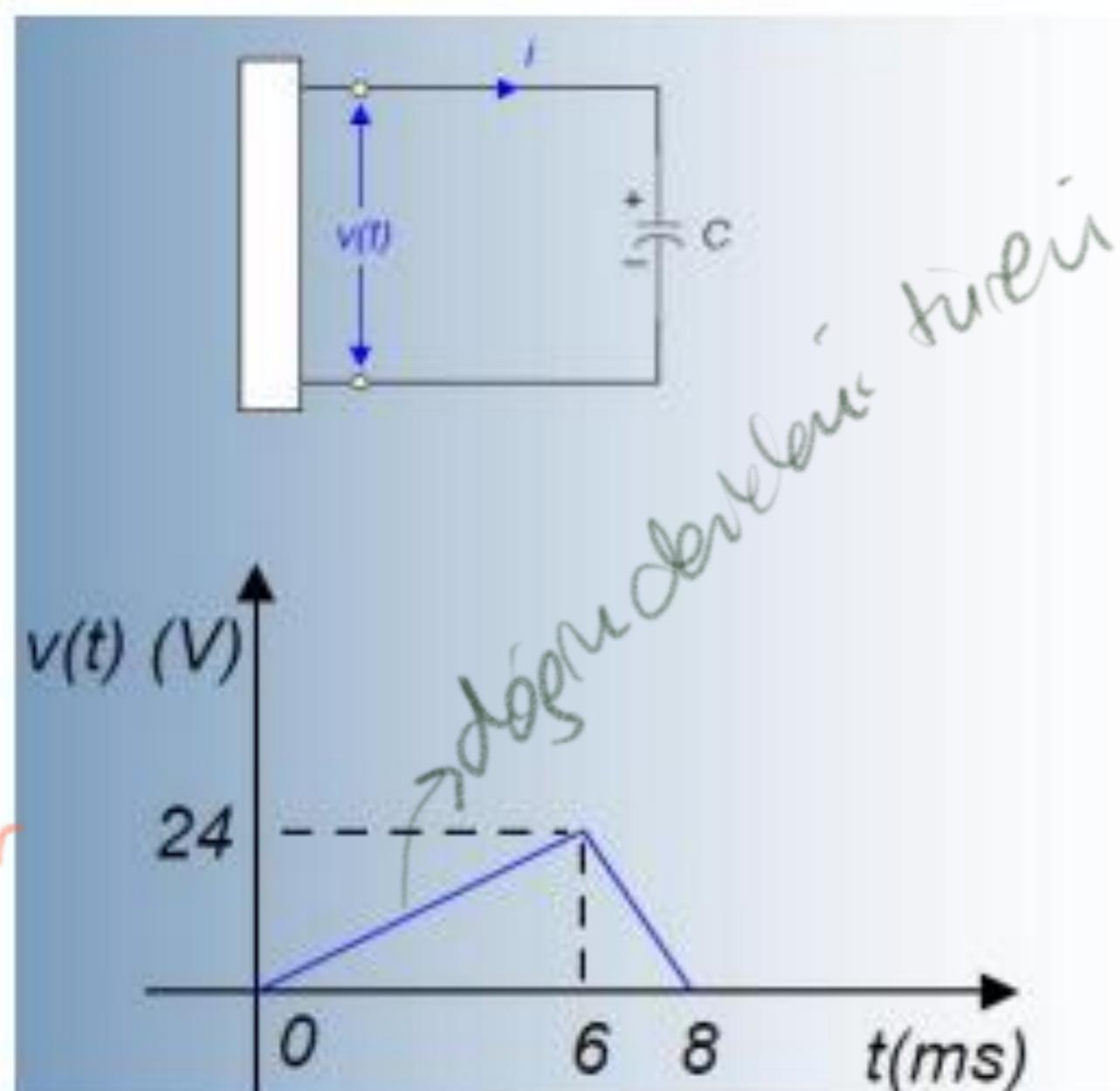
- **Örnek-1.** Paralel iki iletken 12 V'a şarj edildiğinde üzerinde biriken yük 600 pC olduğuna göre paralel iletkenlerin kapasitansı nedir?

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{(600)(10^{-12})}{12} = 50 \text{ } pF$$

# KAPASİTÖRLER

gerilim zama göre türünü al  
c ne olur.

- Örnek-2. Şekildeki  $5 \mu F$ 'lık bir kapasitör üzerindeki gerilime ait dalga şekli gösterilmiştir. Akım dalga şeklini belirleyiniz.



$$v(t) = \begin{cases} \frac{24}{6 \times 10^{-3}} t & 0 < t \leq 6 \text{ ms} \\ -\frac{24}{2 \times 10^{-3}} t + 96 & 6 < t \leq 8 \text{ ms} \\ 0 & t > 8 \text{ ms} \end{cases}$$

*(Note: The handwritten note 'merkezden girmiyor' is written vertically below the graph.)*

merkezden  
girmiyor  
0 ms'den

$$\begin{aligned} 0 < t \leq 6 \text{ ms} \quad &\text{için;} \\ i(t) &= C \frac{dv(t)}{dt} \\ &= 5 \times 10^{-6} (4 \times 10^3) \\ &= 20 \text{ mA} \\ &\text{sabit} \\ &\text{bir akım} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 6 < t \leq 8 \text{ ms} \quad &\text{için;} \\ i(t) &= 5 \times 10^{-6} (-12 \times 10^3) \\ &= -60 \text{ mA} \\ t > 8 \text{ ms} \quad &\text{için;} \\ i(t) &= 0 \end{aligned}$$

*(Note: The handwritten note 'gerim orakırken akım sıfır olur.' is written vertically below the last equation.)*

# KAPASİTÖRLER

**Örnek-2. (devamı)**

$0 < t \leq 6 \text{ ms}$  için;

$$\begin{aligned} i(t) &= C \frac{dv(t)}{dt} \\ &= 5 \times 10^{-6} (4 \times 10^3) \\ &= 20 \text{ mA} \end{aligned}$$

$6 < t \leq 8 \text{ ms}$  için;

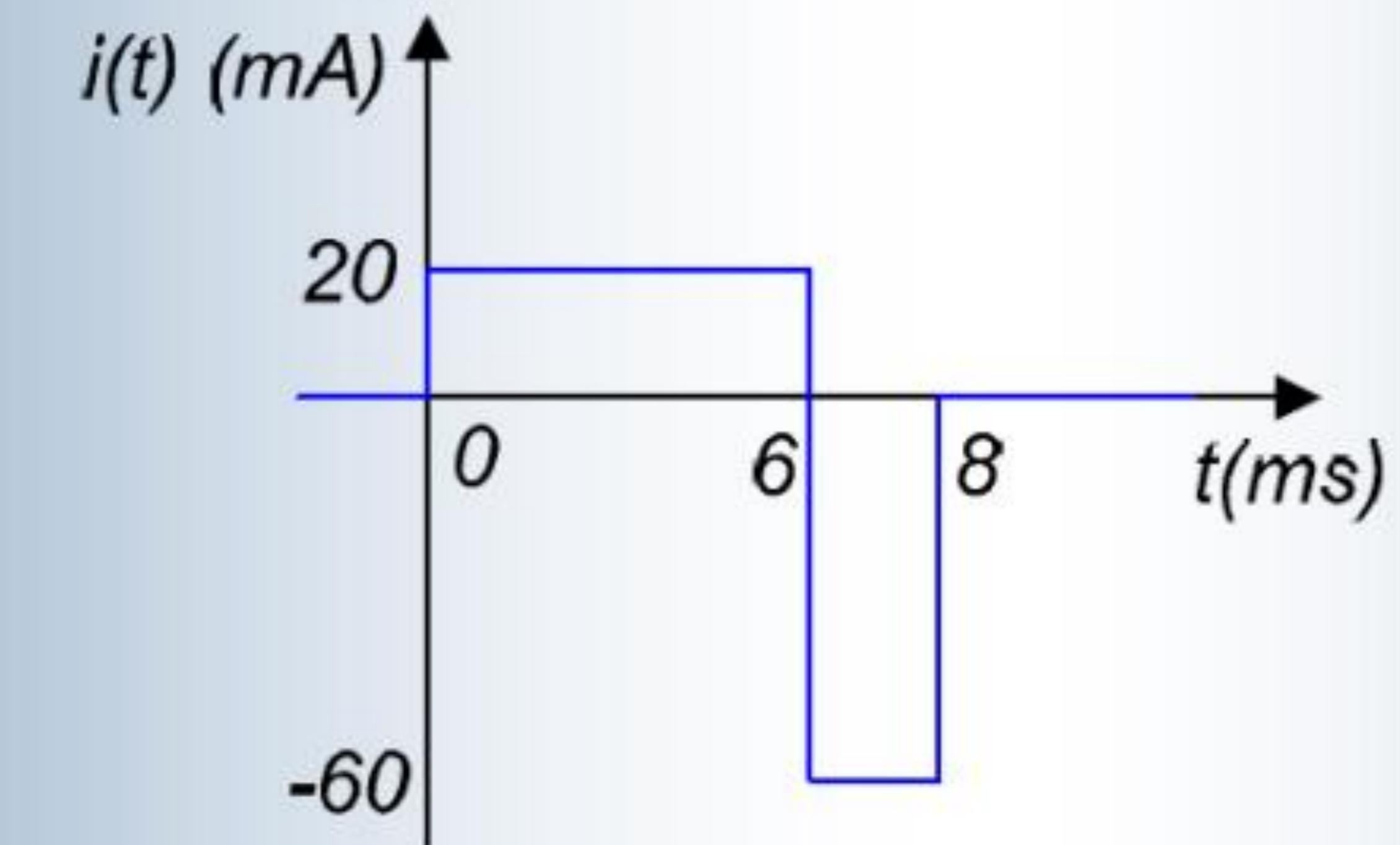
$$\begin{aligned} i(t) &= 5 \times 10^{-6} (-12 \times 10^3) \\ &= -60 \text{ mA} \end{aligned}$$

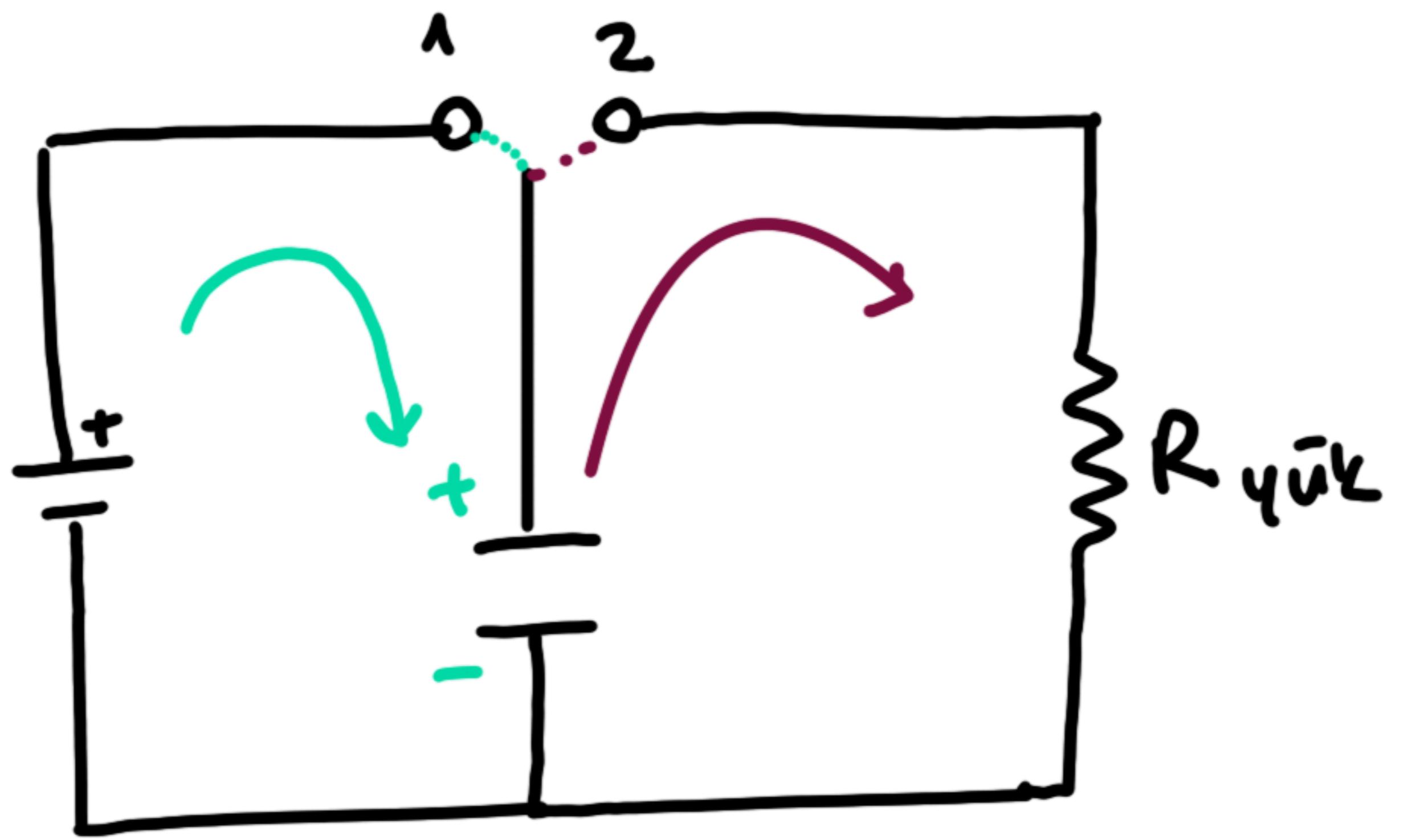
$t > 8 \text{ ms}$  için;

$$i(t) = 0$$

**Örnek-2. (devamı)**

Akım dalga şekli, aşağıda gösterilmektedir.  
 $t > 8 \text{ ms}$  için  $i(t) = 0$ 'dır.





sorj, desorj

# KAPASİTÖRLER

- **Örnek-3.** Örnek-2'deki kondansatörün t=6 ms anında elektrik alanındaki depolanan enerjiyi bulunuz.

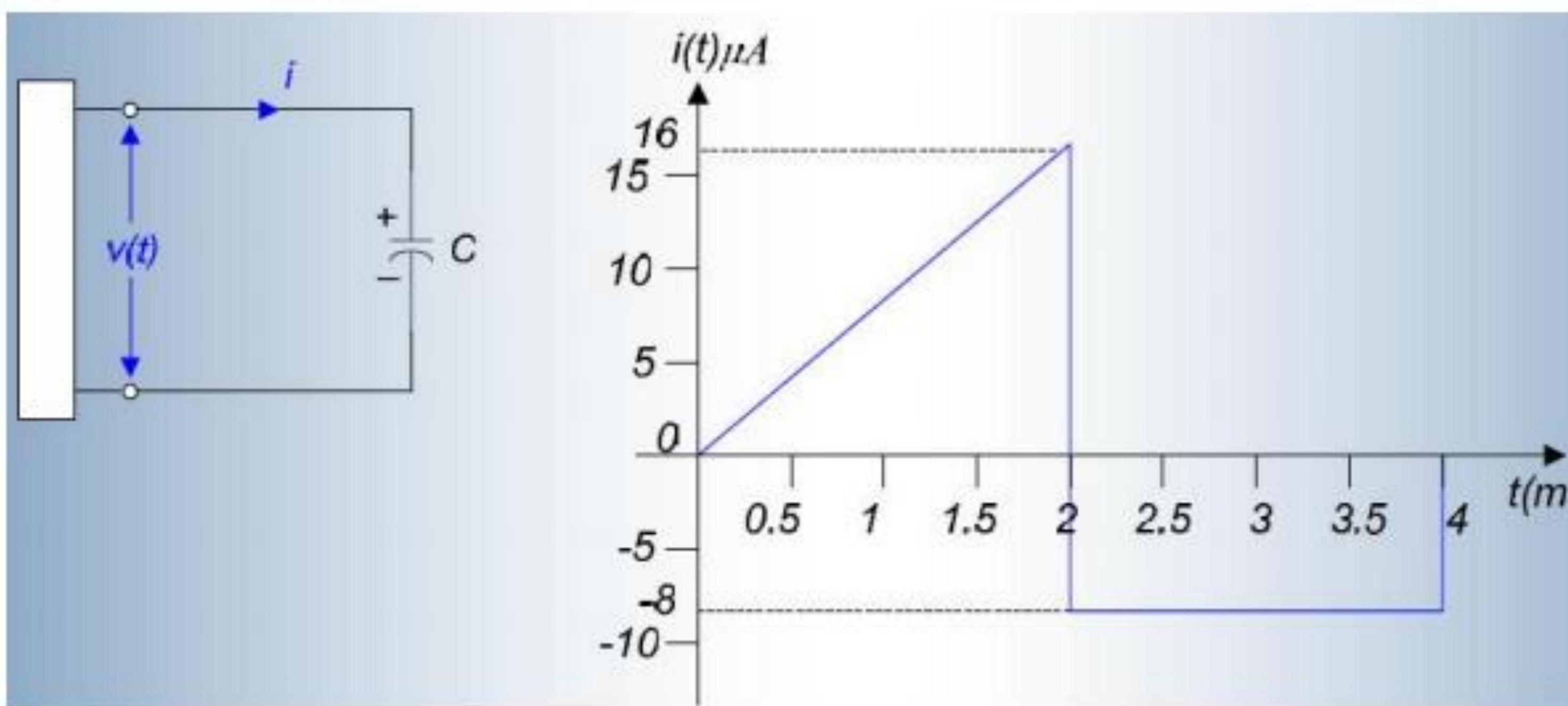
$$w(t) = \frac{1}{2} Cv^2(t)$$

t=6 ms anında;

$$\begin{aligned} w(6\text{ ms}) &= \frac{1}{2} (5 \times 10^{-6}) (24)^2 \\ &= 1440 \mu\text{J} \end{aligned}$$

# KAPASİTÖRLER

- Örnek-4. Aşağıdaki şekilde, başlangıçta şarj edilmemiş  $4 \mu F$ 'lık bir kapasitöre ait akım dalga şekli gösterilmiştir. Gerilim dalga şeklini belirleyiniz.



integral alınarak denk. ulaşılır.

Örnek-4. (devamı)

$$i(t) = \begin{cases} \frac{16 \times 10^{-6} t}{2 \times 10^{-3}} & 0 < t \leq 2 \text{ ms} \\ -8 \times 10^{-6} & 2 \text{ ms} < t \leq 4 \text{ ms} \\ 0 & t > 4 \text{ ms} \end{cases}$$

# KAPASİTÖRLER

## Örnek-4. (devamı)

- $v(0)=0$  olduğunda,  $0 < t \leq 2 \text{ ms}$  zaman aralığında  $v(t)$  için denklem;

$$v(t) = \frac{1}{(4)(10^{-6})} \int_0^t 8(10^{-3})x \, dx = 10^3 t^2 \quad \text{non linear bir sonuc olur}$$

$$v(2 \text{ ms}) = 10^3 (2 \times 10^{-3})^2 = 4 \text{ mV}$$

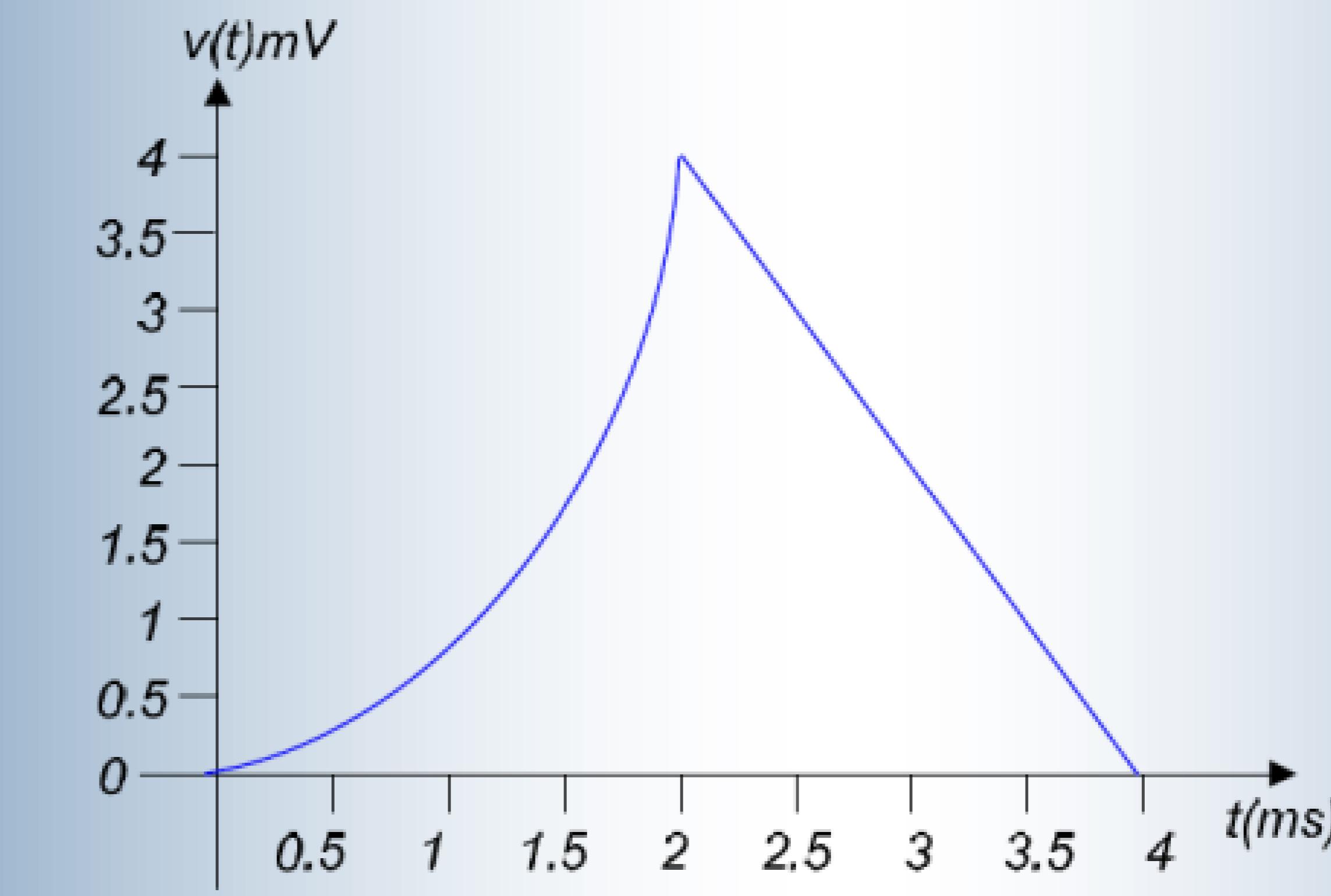
$2 \text{ ms} < t \leq 4 \text{ ms}$  zaman aralığında;

$$v(t) = \frac{1}{(4)(10^{-6})} \int_{2(10^{-3})}^t -8(10^{-6}) \, dx + (4)(10^{-3}) = -2t + 8 \times 10^{-3}$$

initial condition

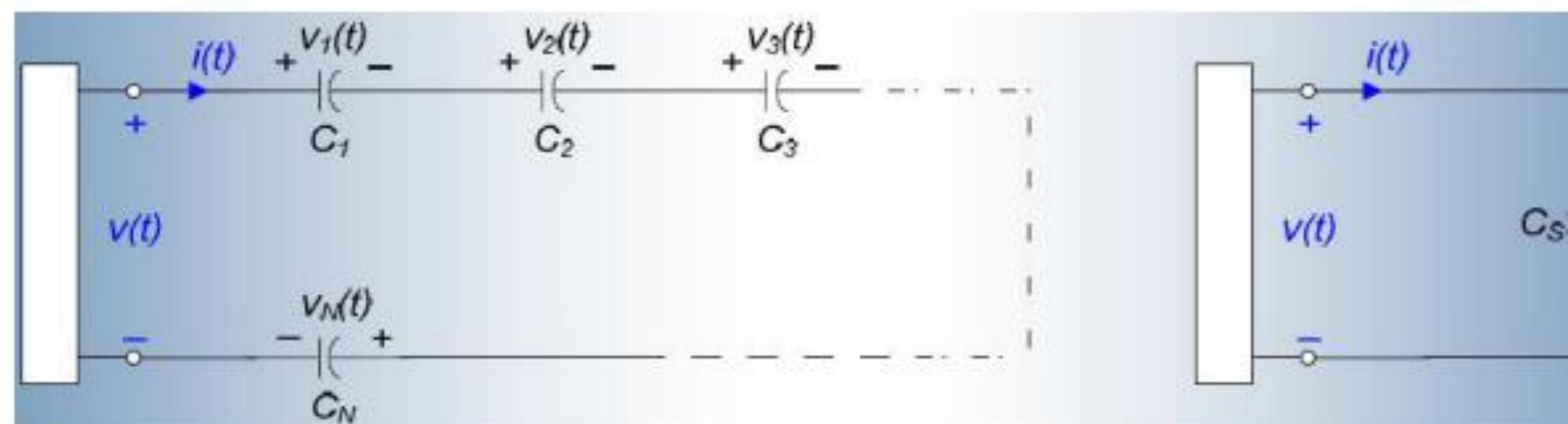
bütünle  
kaşımı

## Örnek-4. (devamı)



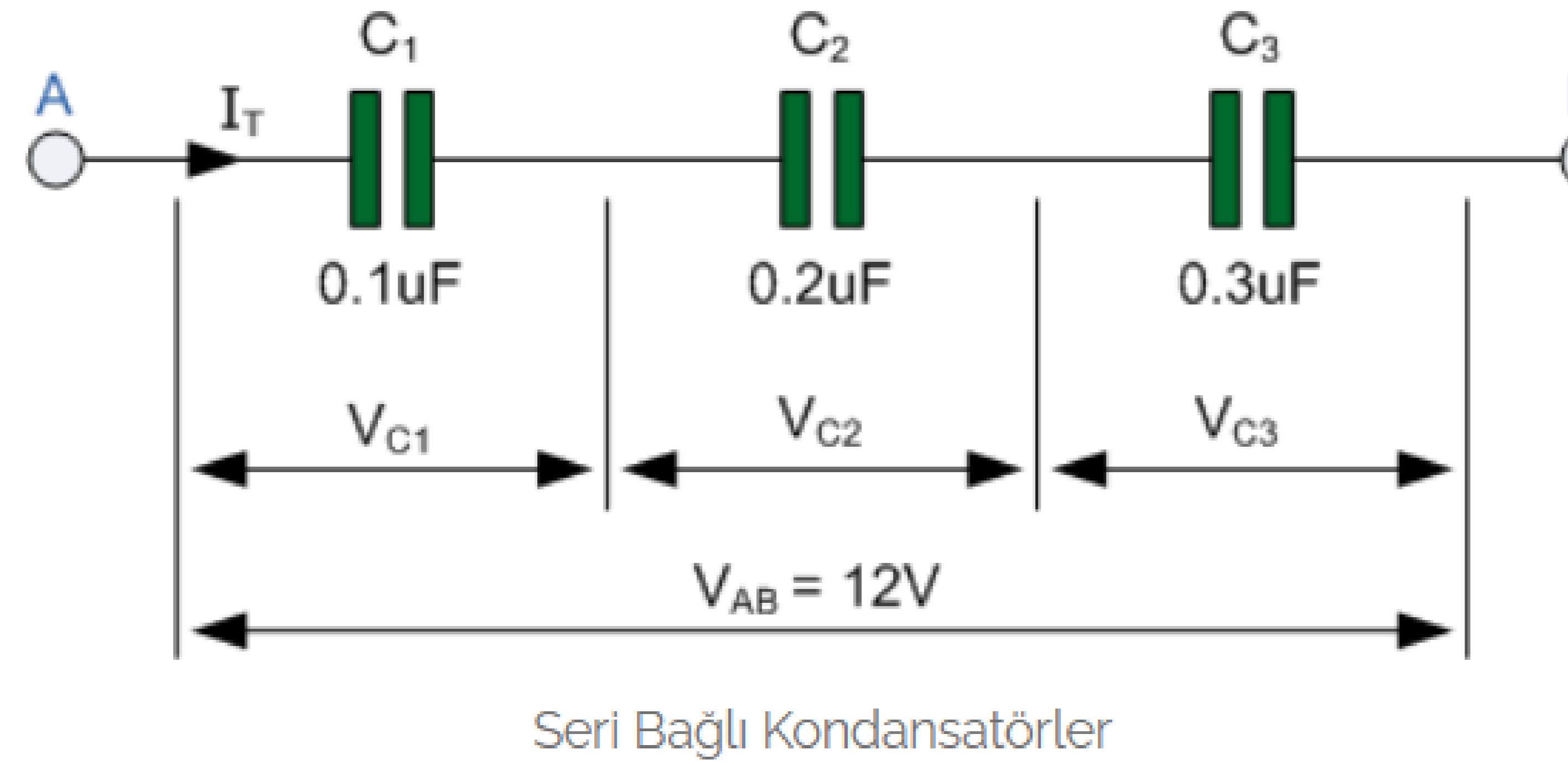
# Seri Bağlı Kapasitörler

Eğer kapasitörler seri bağlanırsa, eşdeğer kapasitansları Kirchhoff'un Gerilim Kanunu kullanılarak hesaplanabilir.



$$v(t) = v_1(t) + v_2(t) + v_3(t) + \cdots + v_N(t)$$
$$v_i(t) = \frac{1}{C_i} \int_{t_0}^t i(t) dt + v_i(t_0)$$
$$v(t) = \left( \sum_{i=1}^N \frac{1}{C_i} \right) \int_{t_0}^t i(t) dt + \sum_{i=1}^N v_i(t_0)$$
$$v(t) = \frac{1}{C_S} \int_{t_0}^t i(t) dt + v(t_0)$$
$$v(t_0) = \sum_{i=1}^N v_i(t_0)$$
$$\frac{1}{C_S} = \sum_{i=1}^N \frac{1}{C_i} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \cdots + \frac{1}{C_N}$$

Örnek: Şekildeki gibi kapasitörler seri bağlanmıştır.  
Toplam kapasitansı hesaplayınız



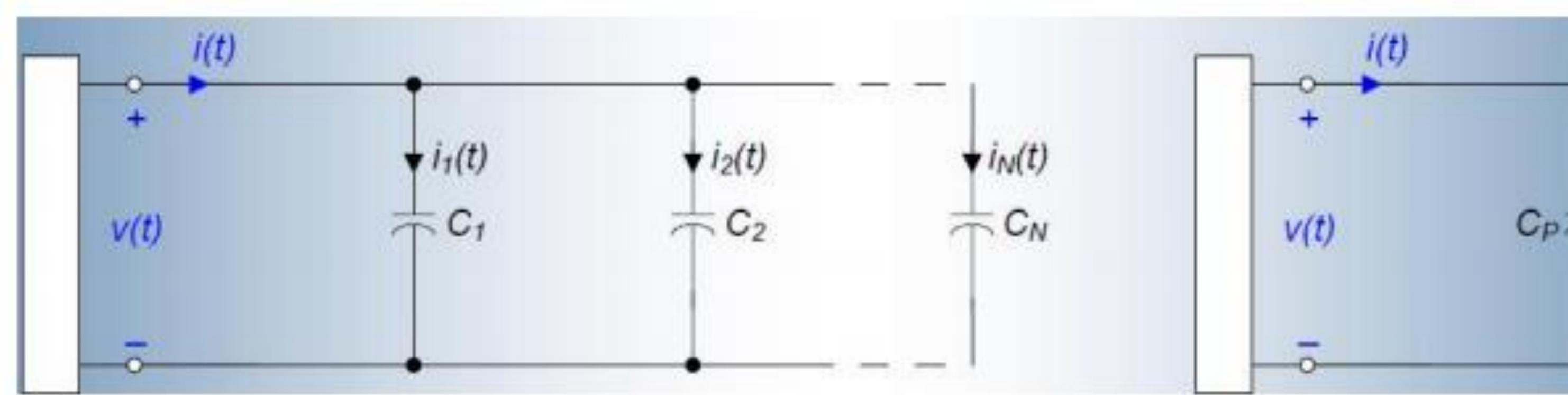
$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{0.1\mu F} + \frac{1}{0.2\mu F} + \frac{1}{0.3\mu F} = \frac{1}{18.33 \times 10^{-6}}$$

$$C_T = 0.055\mu F$$

# Paralel Bağlı Kapasitörler

- Paralel bağlı N adet kapasitörün eşdeğer kapasitansını bulmak için Kirchhoff'un Akım Kanunu'ndan yararlanabiliriz.



$$i(t) = i_1(t) + i_2(t) + i_3(t) + \dots + i_N(t)$$

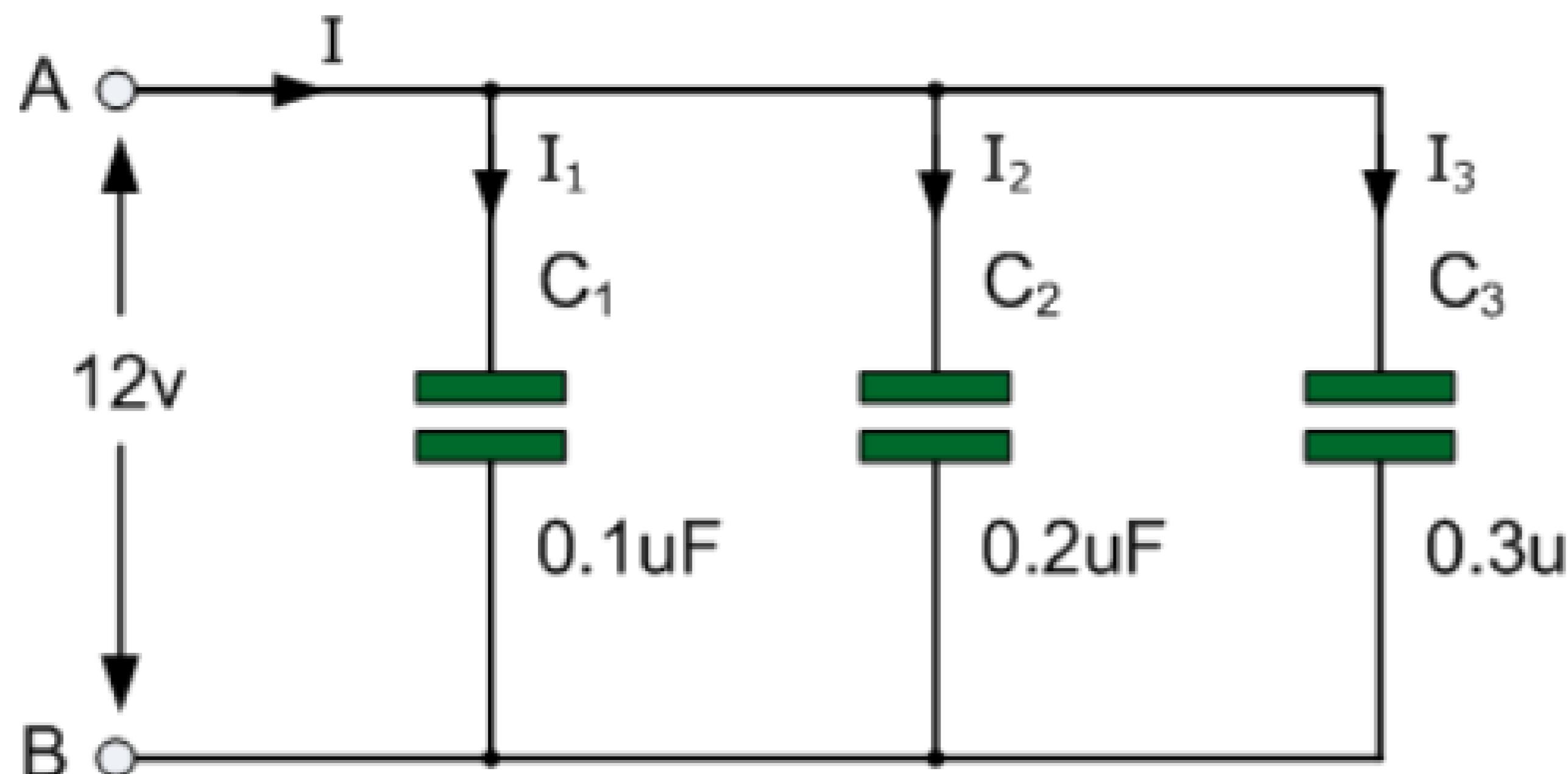
$$i(t) = C_1 \frac{dv(t)}{dt} + C_2 \frac{dv(t)}{dt} + C_3 \frac{dv(t)}{dt} + \dots + C_N \frac{dv(t)}{dt}$$

$$i(t) = \left( \sum_{i=1}^N C_i \right) \frac{dv(t)}{dt}$$

$$i(t) = C_P \frac{dv(t)}{dt}$$

$$C_P = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_N$$

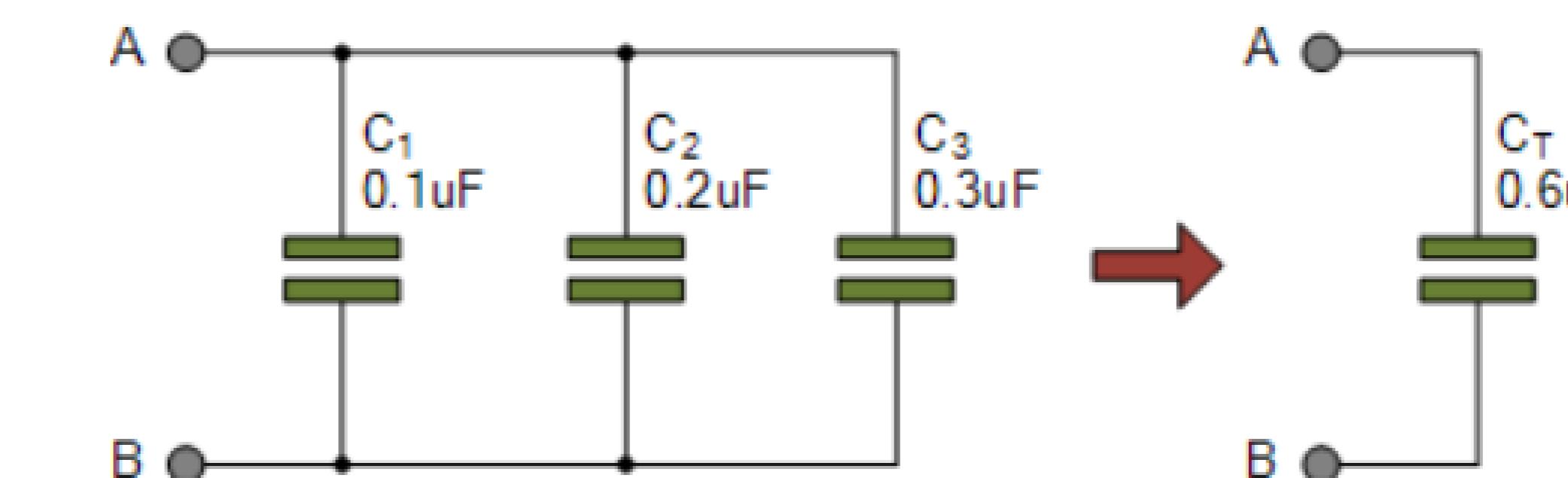
Örnek: Şekildeki gibi kapasitörler birbirlerine paralel bağlanmıştır. Toplam kapasitansı hesaplayınız



Paralel Bağlı Kondansatörler

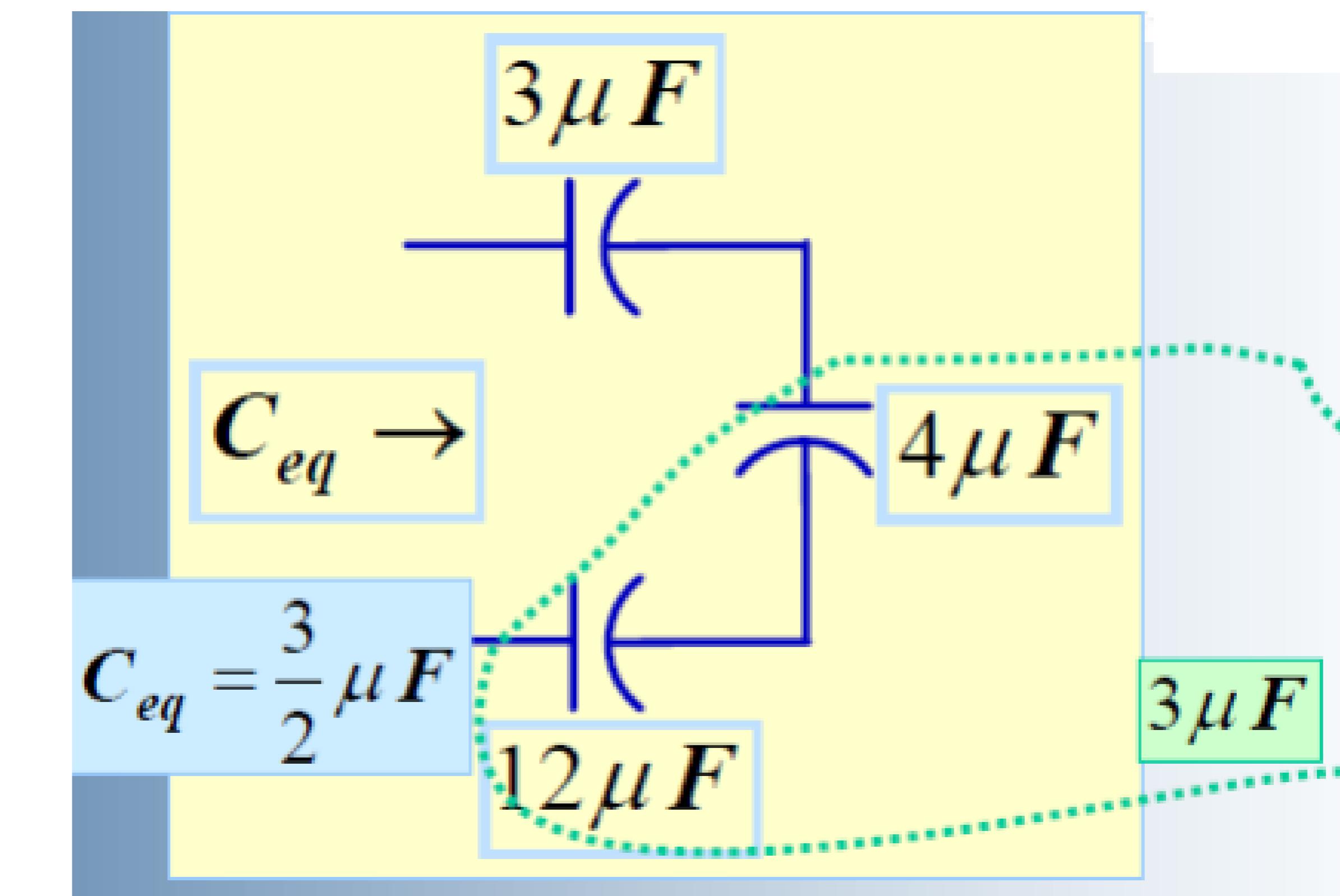
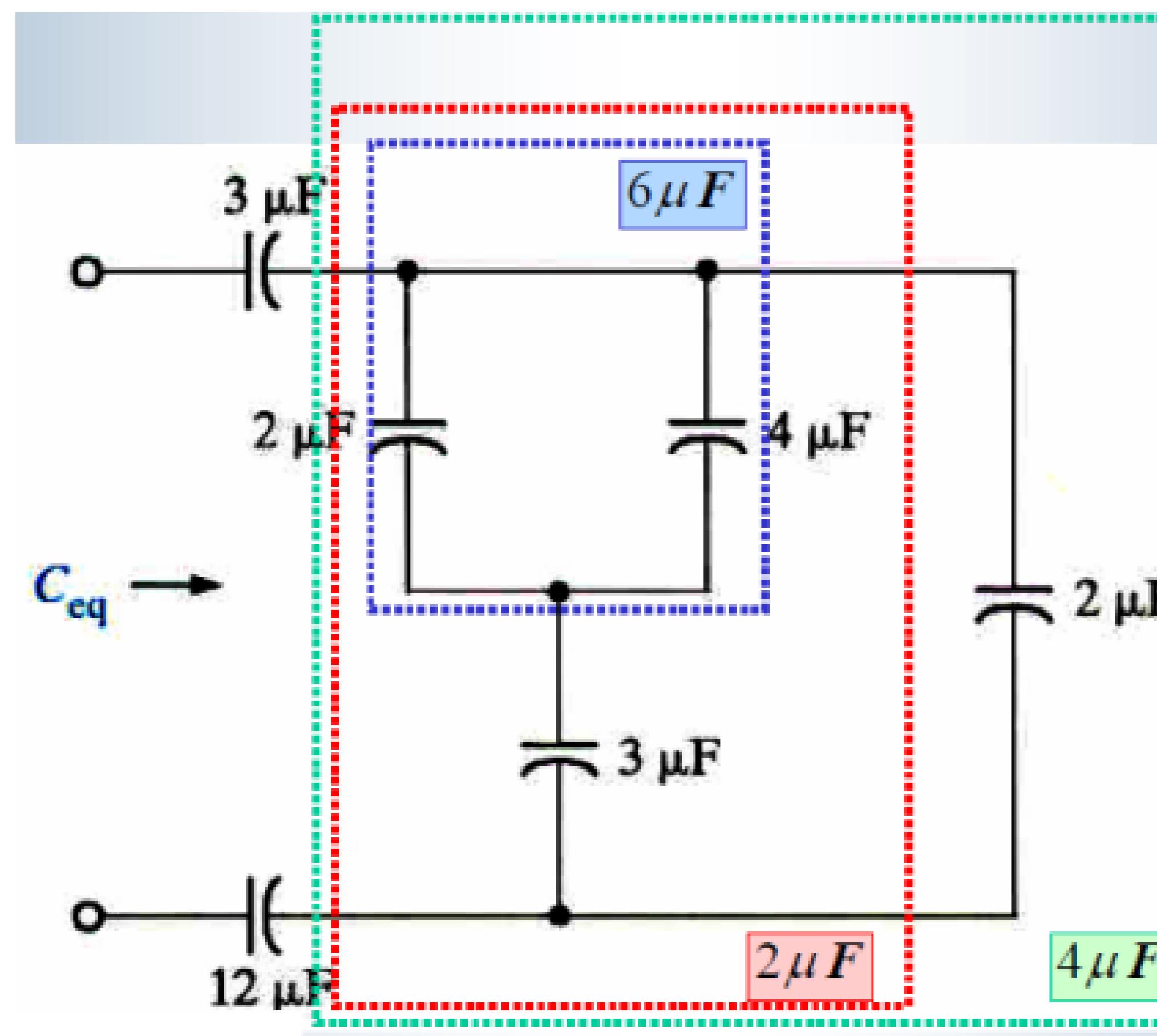
$$C_T = C_1 + C_2 + C_3$$

$$C_T = C_1 + C_2 + C_3 = 0.1\mu F + 0.2\mu F + 0.3\mu F = 0.6\mu F$$



# KARIŞIK BAĞLI KAPASİTÖRLER

Örnek:

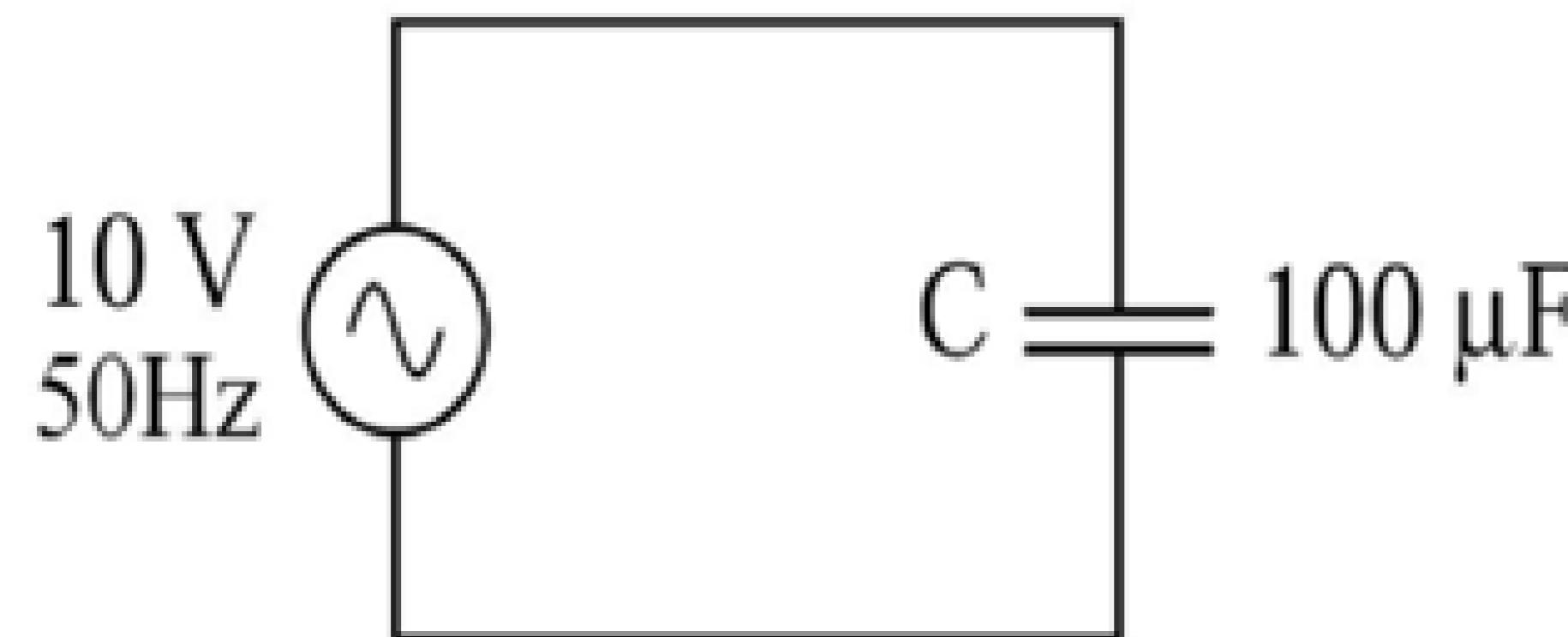


# Kapasitif Reaktans

- Her kapasitör, alternatif akım devrelerinde frekansla ters orantılı olarak değişen bir direnç gösterir.
- Bu dirence kapasitif reaktans denir.
- Kapasitif reaktans  $X_C$  ile gösterilir, birimi ohm ( $\Omega$ ) dur.
- A.C devrelerde kapasitif reaktans;
- $$X_C = \frac{1}{2\pi f C}$$
- Burada;
- $X_C$  :Kapasitif reaktansı, ohm ( $\Omega$ ),
- $f$  : A.C geriliminin frekansını, Hertz ( Hz ),
- $C$  : Kapasitansı, Farad ( F ) ifade eder.

# Kapasitif Reaktans

Örnek: Şekilde görülen devrede kondansatörün kapasitif reaktansı ve devre akımı hesaplayınız.



$$X_C = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 100 \cdot 10^{-6}} = 31.84 \Omega$$

$$I = \frac{V}{X_C} = \frac{10}{31.84} = 0.314 A$$

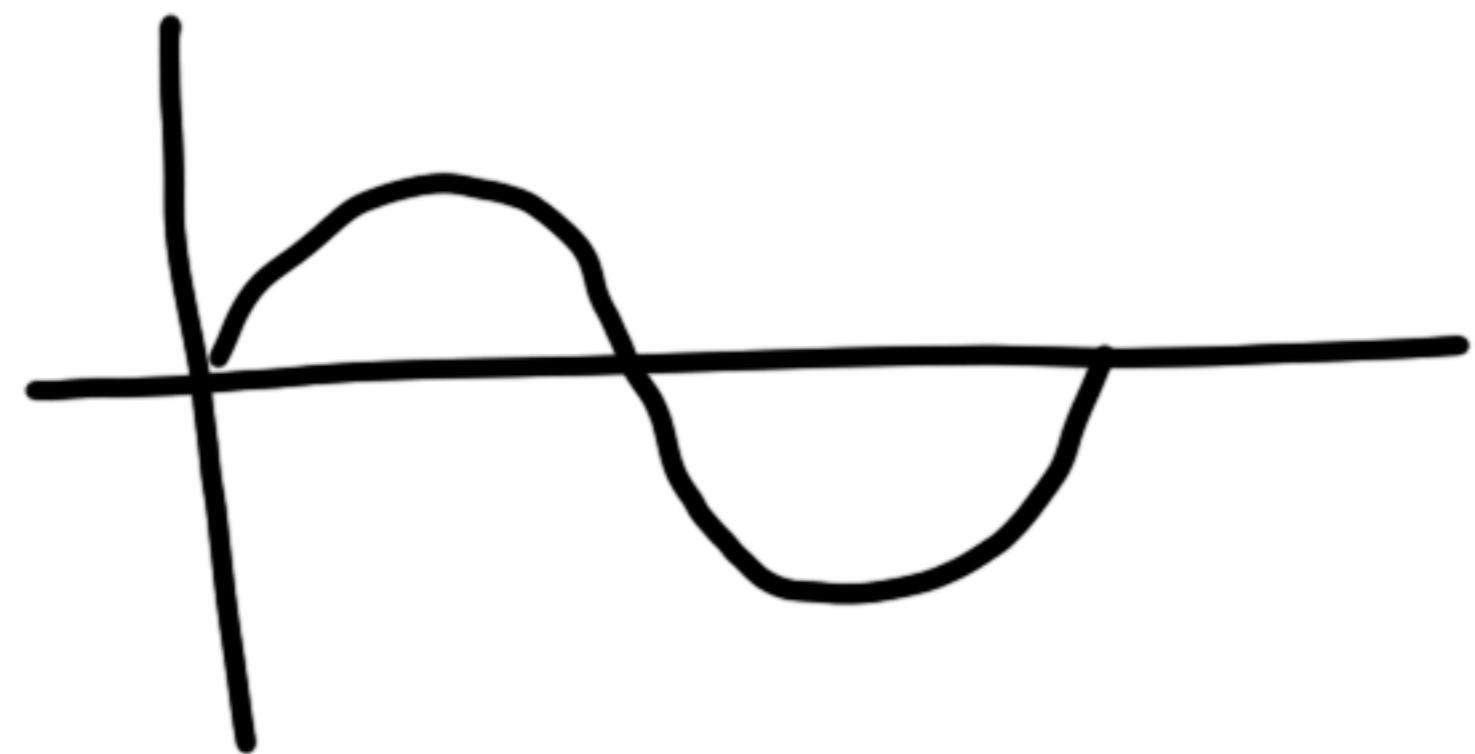
frekans düşürse akım artar

frekans ne akım ayarları

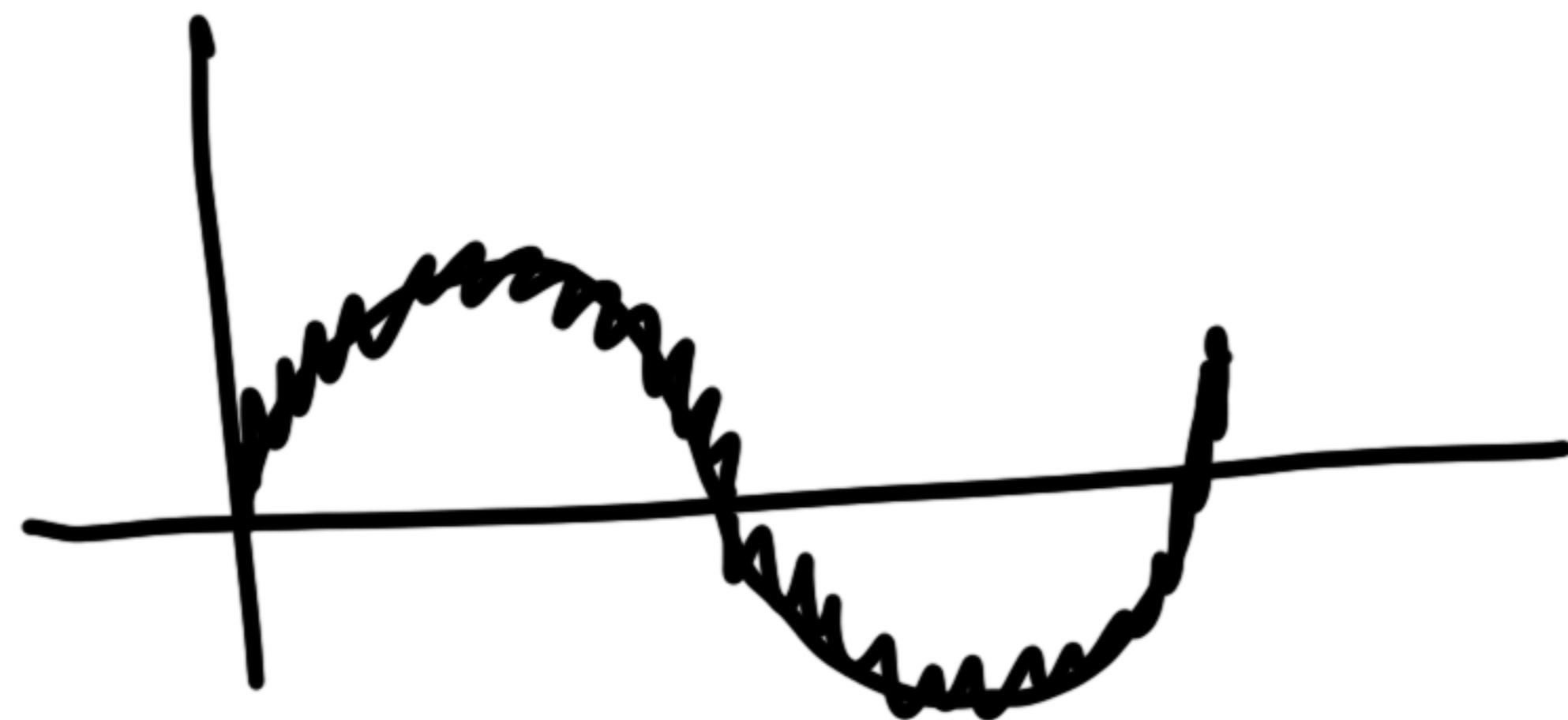
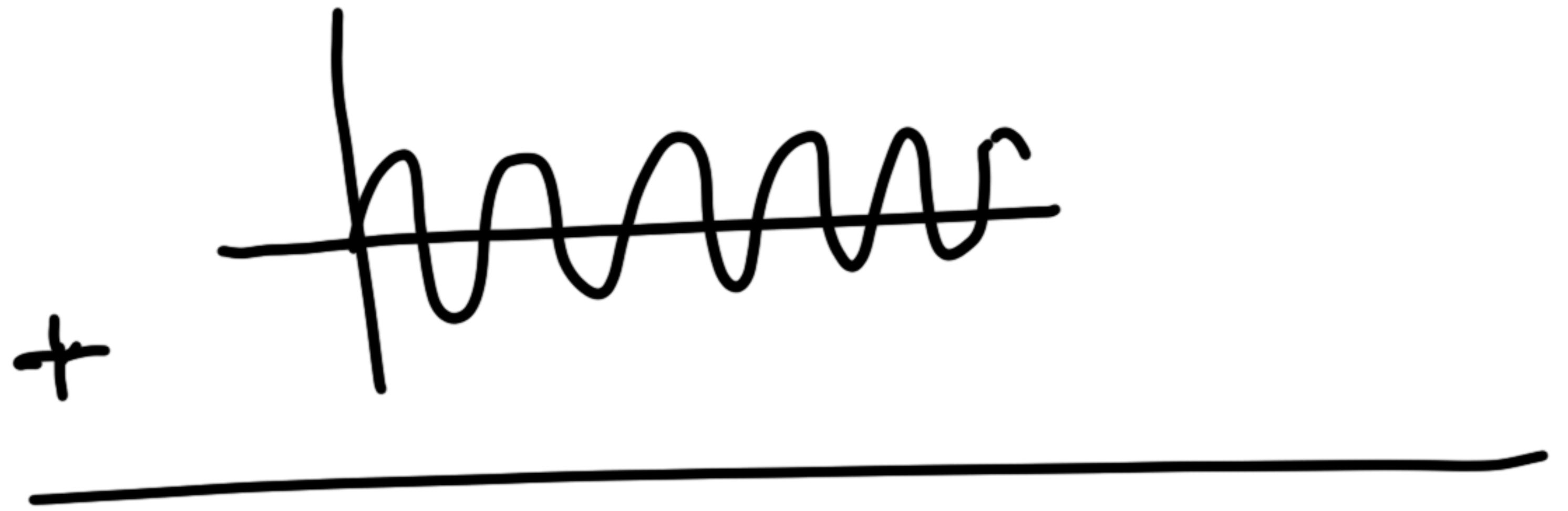
Kon. ve bobinler

kontaktörler

frekans filtre devrelerinde



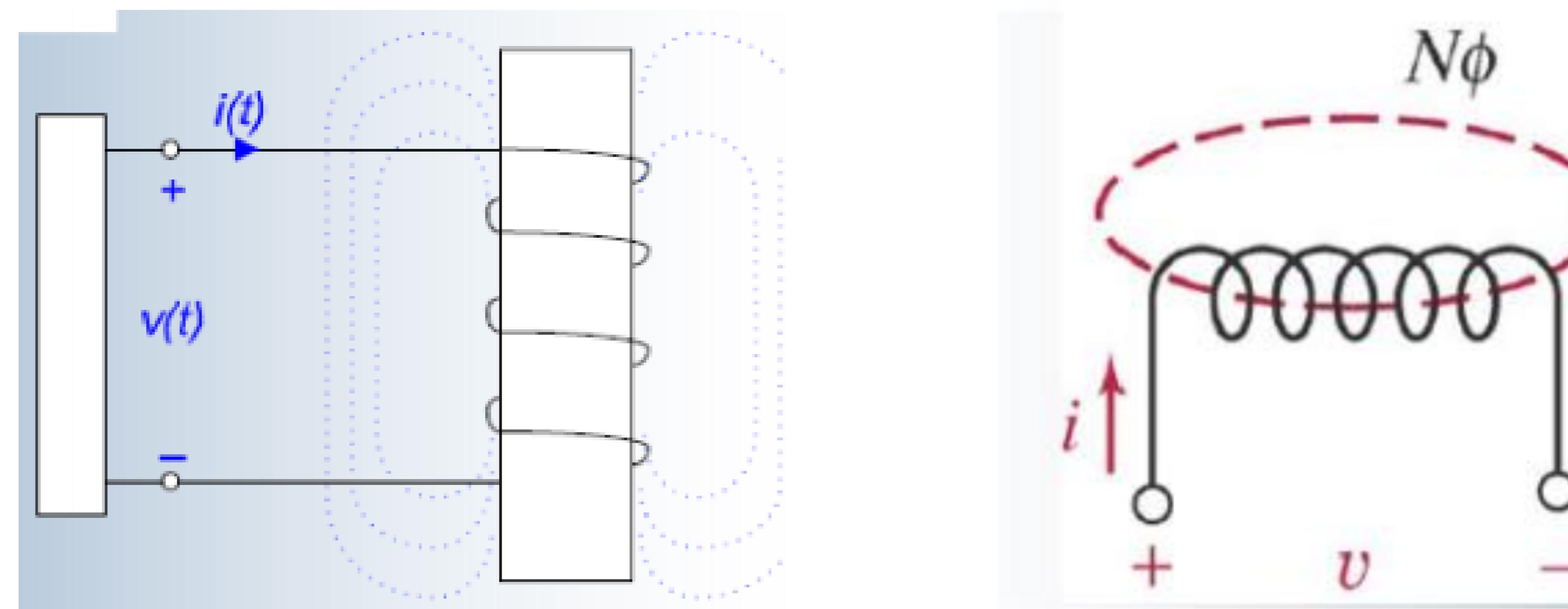
alçak frekanslı gelen  
yüksek frekanslı yon eden  
bir çevre duşundur.



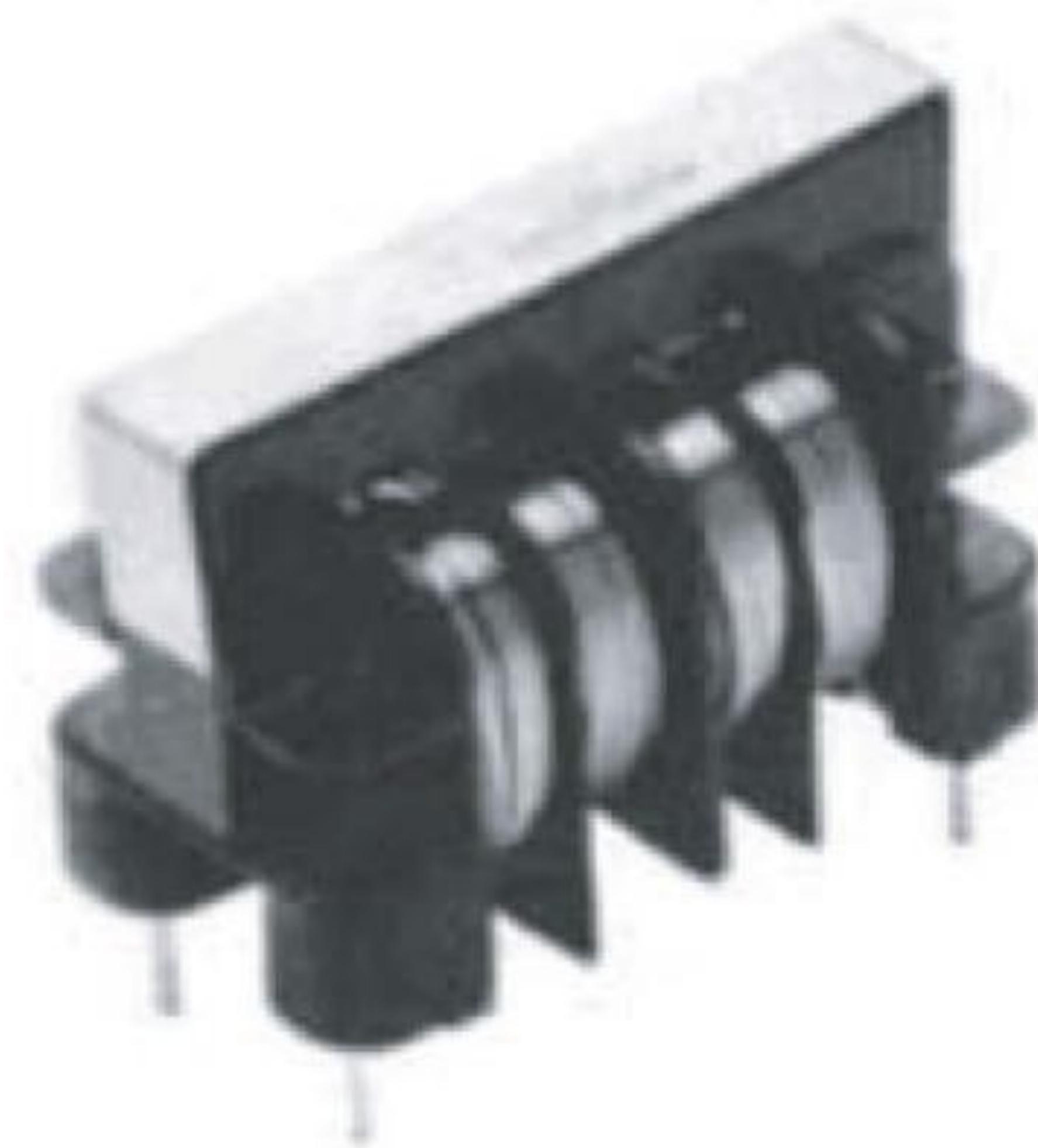
amaç circuitler ortasında  
kalınlık

# ENDÜKTÖRLER

- Genellikle halka şeklindeki iletken bir telden oluşan bir devre elemanıdır. Endüktörler (bobinler) tipik olarak üzerine sarıldıkları nüve (çekirdek) türüne göre sınıflandırılırlar. Nüve malzemesi örneğin, hava yada herhangi bir manyetik olmayan madde, veya demir olabilir. Hava ya da manyetik olmayan malzemelerle yapılan endüktörler, radyo, televizyon ve filtre devrelerinde geniş çapta kullanılırlar.



# ENDÜKTÖRLER



# Endüktans

- Endüktans, iletken üzerinden akım akarsa meydana gelir.
- İletken üzerinden akım akarken akımla orantılı olarak bir manyetik alan oluşur.
- İletken uçlarındaki gerilim farkı manyetik alanın değişim oranı ile orantılıdır.
- İletken uçlarındaki gerilim farkı akımın değişim oranı ile orantılıdır.

$$v(t) = L \frac{di(t)}{dt}$$

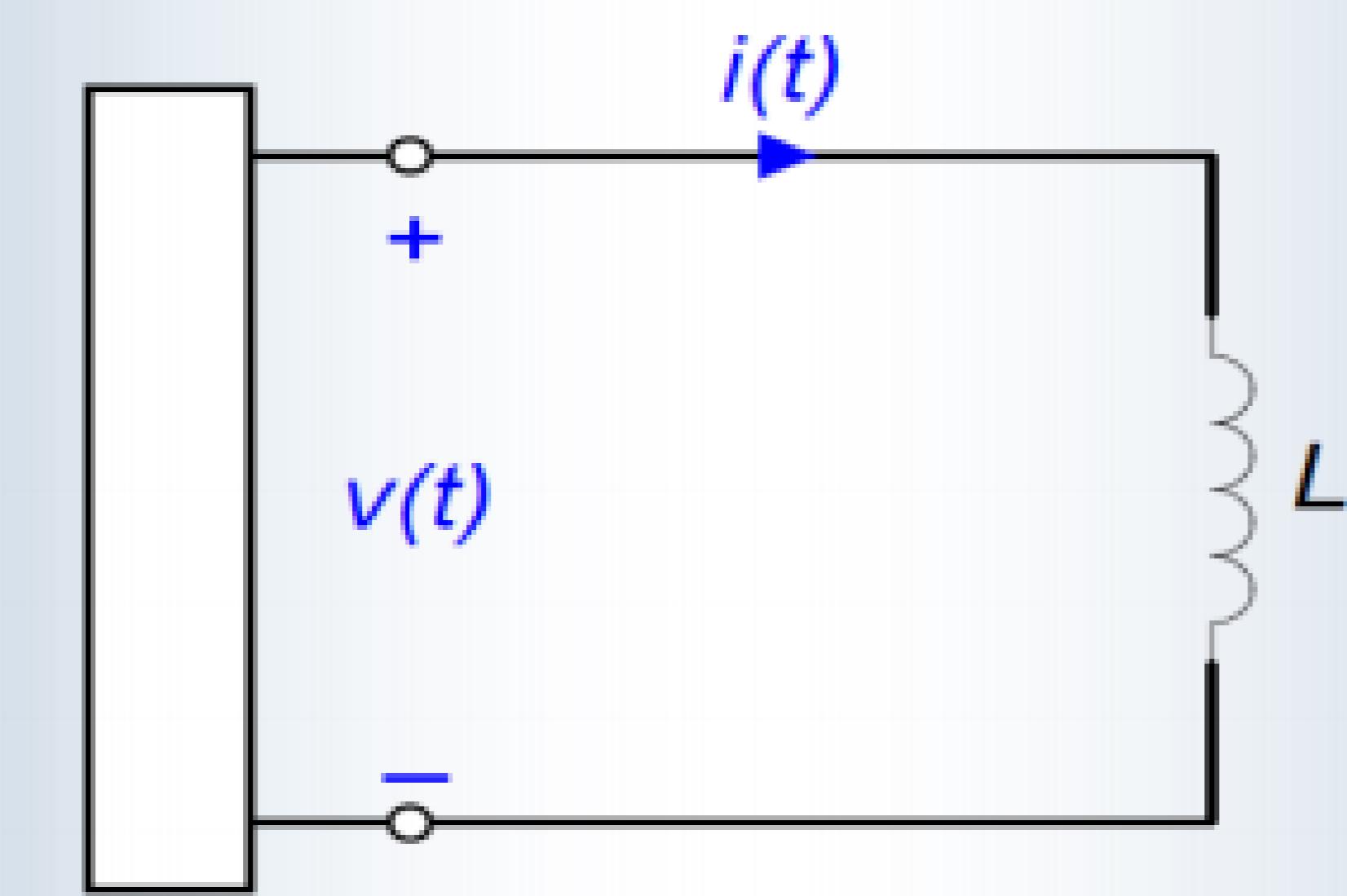
Sabit bir akım verirse  $di(t) = 0$  olur -  $v(t) = 0$  olur.

- Bu orantı sabiti Endüktans olarak adlandırılır ve L ile gösterilir.
- Birimi Henry(H) dir.

# ENDÜKTÖRLER

Bobin

## ENDÜKTÖRLER



$$v(t) = L \frac{di(t)}{dt}$$

endüktördeki akımın ifadesi;

$$i(t) = \frac{1}{L} \int_{-\infty}^t v(x) dx$$

$$i(t) = i(t_0) + \frac{1}{L} \int_{t_0}^t v(x) dx$$

Kondensatör

$$i_C(t) = C \frac{dV_C(t)}{dt}$$

$$v(t) = \frac{1}{C} \int i(t) dt$$

# ENDÜKTÖRLER

## Depolanan Enerji

Endüktöre verilen güç, elemanda depolanan enerjiyi elde etmek için kullanılabilir. Bu güç;

$$p(t) = v(t) i(t)$$

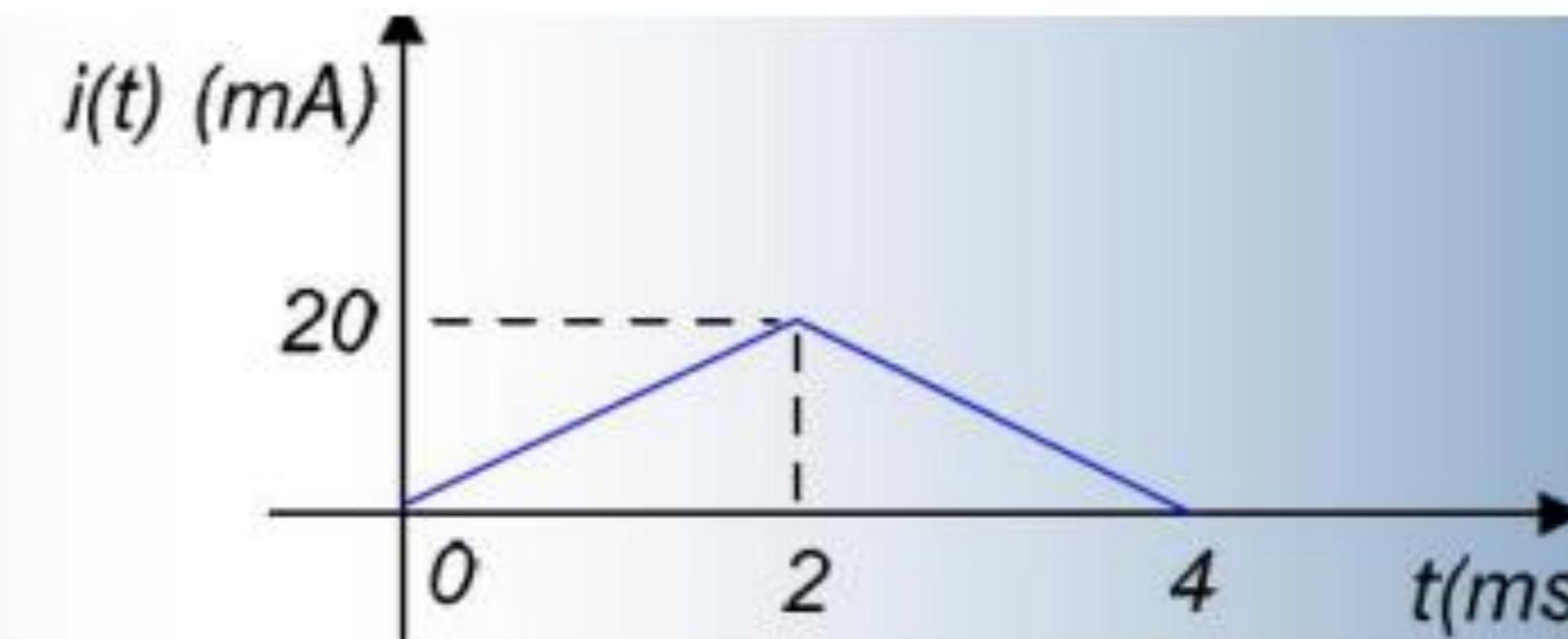
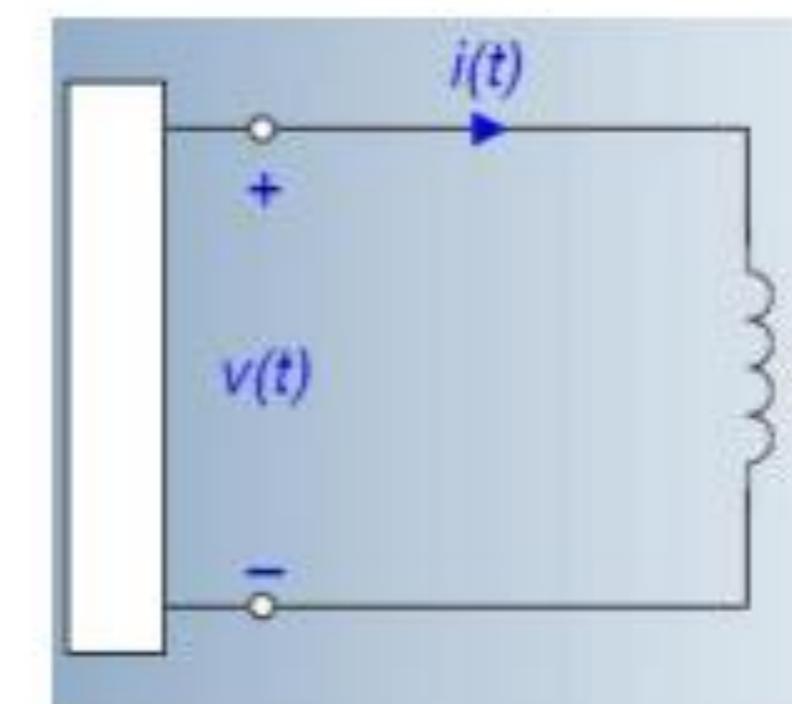
$$p(t) = \left[ L \frac{di(t)}{dt} \right] i(t)$$

Manyetik alanda depolanan enerji;

$$w_L(t) = \int_{-\infty}^t \left[ L \frac{di(x)}{dx} \right] i(x) dx \quad w_L(t) = \frac{1}{2} L i^2(t) \text{ J}$$

# ENDÜKTÖRLER

- Örnek-5. Aşağıdaki şekilde  $10\text{ mH}$ 'lik bir endüktöre ait akım dalga şekli verilmiştir. Gerilim dalga şeklini belirleyiniz.



$$i(t) = \begin{cases} \frac{20 \times 10^{-3} t}{2 \times 10^{-3}} & 0 < t \leq 2 \text{ ms} \\ -\frac{20 \times 10^{-3} t}{2 \times 10^{-3}} + 40 \times 10^{-3} & 2 < t \leq 4 \text{ ms} \\ 0 & t > 4 \text{ ms} \end{cases}$$

periyodlu ve frekansı  
yazıca A.C akım

periyodik } nedir?  
frekanslı } kendini  
tekrar eder.

aperiyodik  
bir sinusyalı

# ENDÜKTÖRLER

uygulanması surec  
aperiyotik sinyal  
nde edilir.

## Örnek-5. (devamı)

$$0 < t \leq 2 \text{ ms}$$

$$v(t) = L \frac{di(t)}{dt} = (10 \times 10^{-3}) \frac{20 \times 10^{-3}}{2 \times 10^{-3}}$$

$$v(t) = 100 \text{ mV}$$

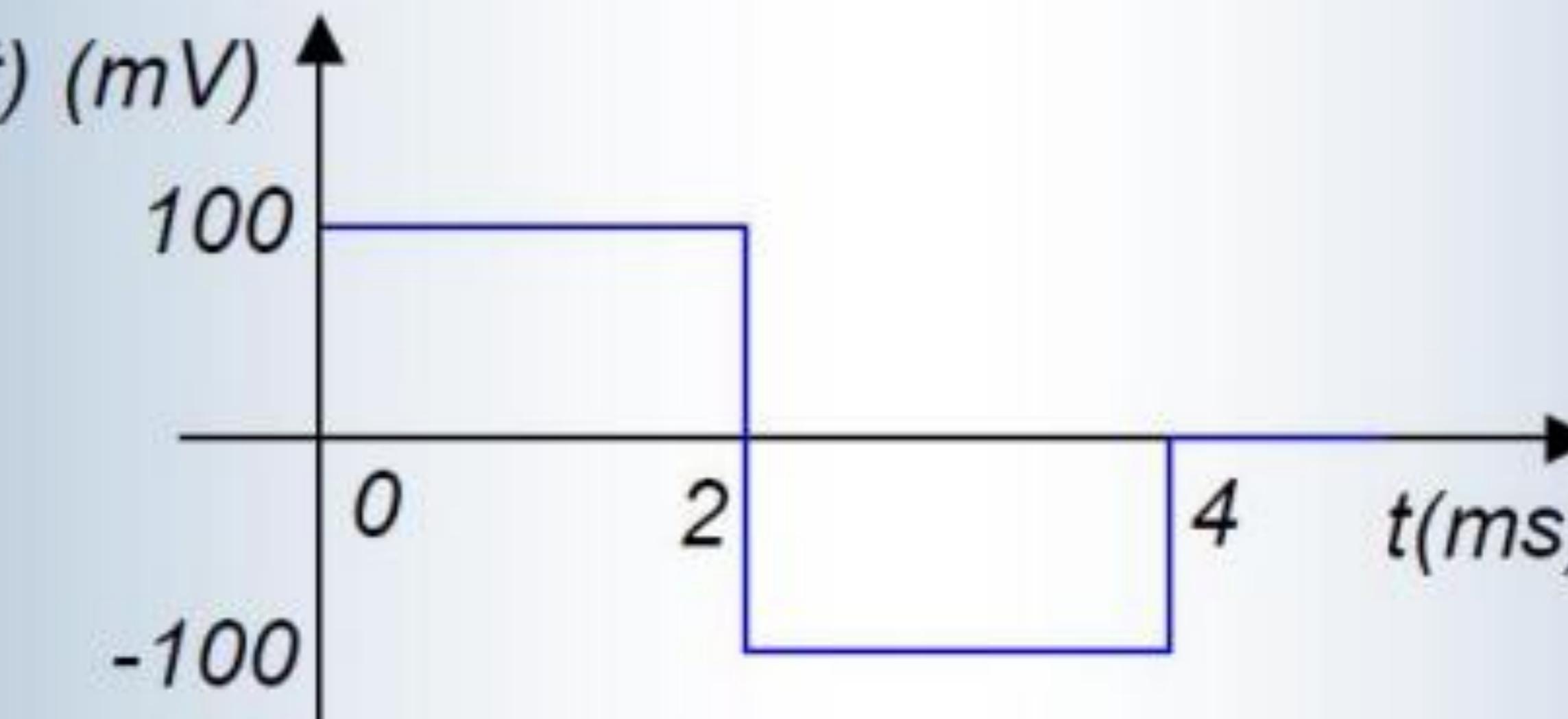
$$2 < t \leq 4 \text{ ms}$$

$$v(t) = L \frac{di(t)}{dt} = (10 \times 10^{-3}) \frac{-20 \times 10^{-3}}{2 \times 10^{-3}}$$

$$v(t) = -100 \text{ mV}$$

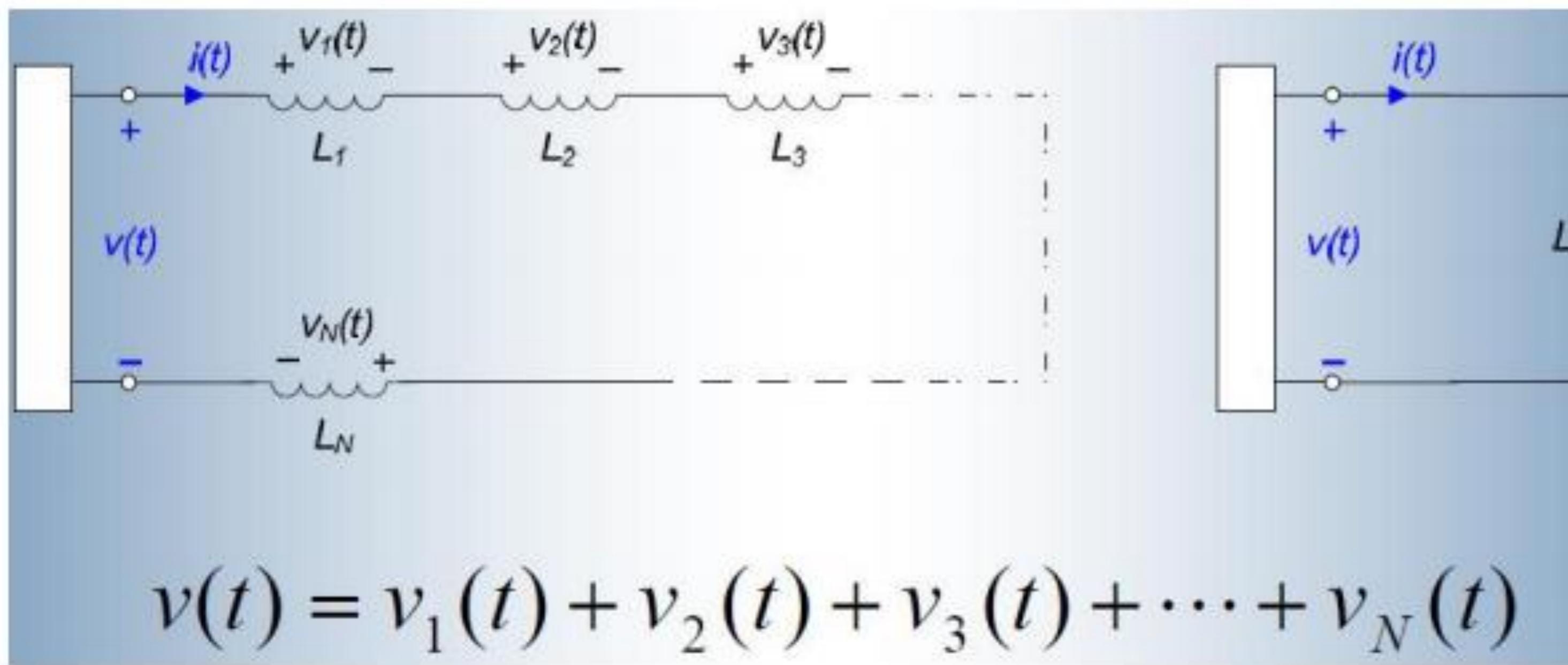
## Örnek-5. (devamı)

$t > 4 \text{ ms}$  için  $v(t) = 0$ 'dır. Gerilim dalga şekli, aşağıda gösterilmektedir



# Seri Bağlı Endüktörler *(özelik induktans)*

- Eğer N adet bobin seri bağlanırsa, eşdeğer Endüktans aşağıdaki gibi belirlenebilir. Kirchhoff'un Gerilim Kanunu'nu uygularsak,



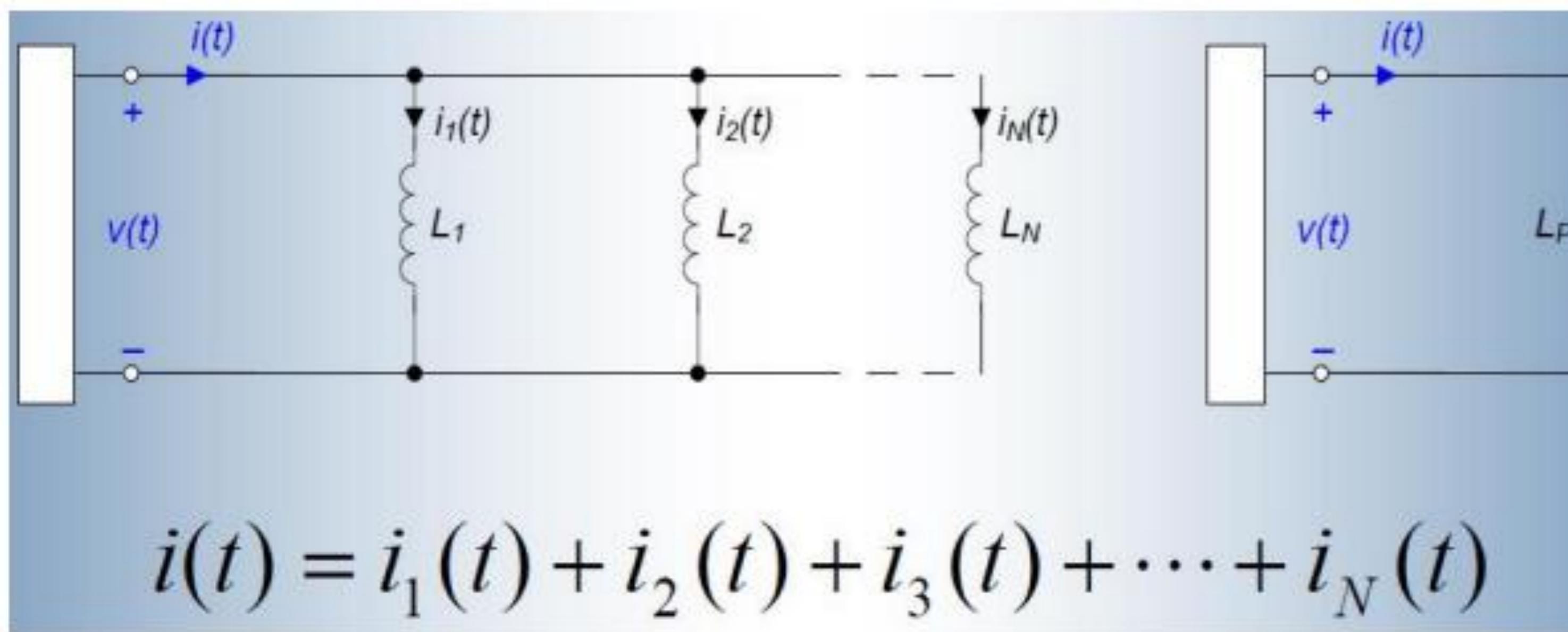
$$v(t) = L_1 \frac{di(t)}{dt} + L_2 \frac{di(t)}{dt} + L_3 \frac{di(t)}{dt} + \cdots + L_N \frac{di(t)}{dt}$$
$$v(t) = \left( \sum_{i=1}^N L_i \right) \frac{di(t)}{dt}$$
$$L_s = \sum_{i=1}^N L_i$$
$$v(t) = L_s \frac{di(t)}{dt}$$
$$L_s = L_1 + L_2 + L_3 + \cdots + L_N$$

- **Örnek:** Seri bağlı üç bobinin endüktansları sırası ile  $L_1 = 2mH$ ,  $L_2 = 2 \cdot 10^{-2}H$ ,  $L_3 = 5mH$  şeklindedir. Devrenin toplam endüktansını hesaplayınız.

- $L_2 = 2 \cdot 10^{-2}H = 20mH$
- $L = L_1 + L_2 + L_3 = 2 + 20 + 5 = 27mH$  elde edilir.

# Paralel Bağlı Endüktörler

- Şekildeki  $N$  adet paralel endüktör içeren devreyi göz önüne alalım. Kirchhoff'un Akım Kanunu'nu kullanarak,



$$i_j(t) = \frac{1}{L_j} \int_{t_0}^t v(x) dx + i_j(t_0)$$
$$i(t) = \left( \sum_{j=1}^N \frac{1}{L_j} \right) \int_{t_0}^t v(x) dx + \sum_{j=1}^N i_j(t_0)$$
$$\frac{1}{L_P} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \cdots + \frac{1}{L_N}$$

**Örnek:** Paralel bağlı üç bobinin endüktansları sırası ile  $2 \text{ mH}$ ,  $4 \text{ mH}$  ve  $6 \text{ mH}$ 'dır. Devrenin toplam endüktansını hesaplayınız.

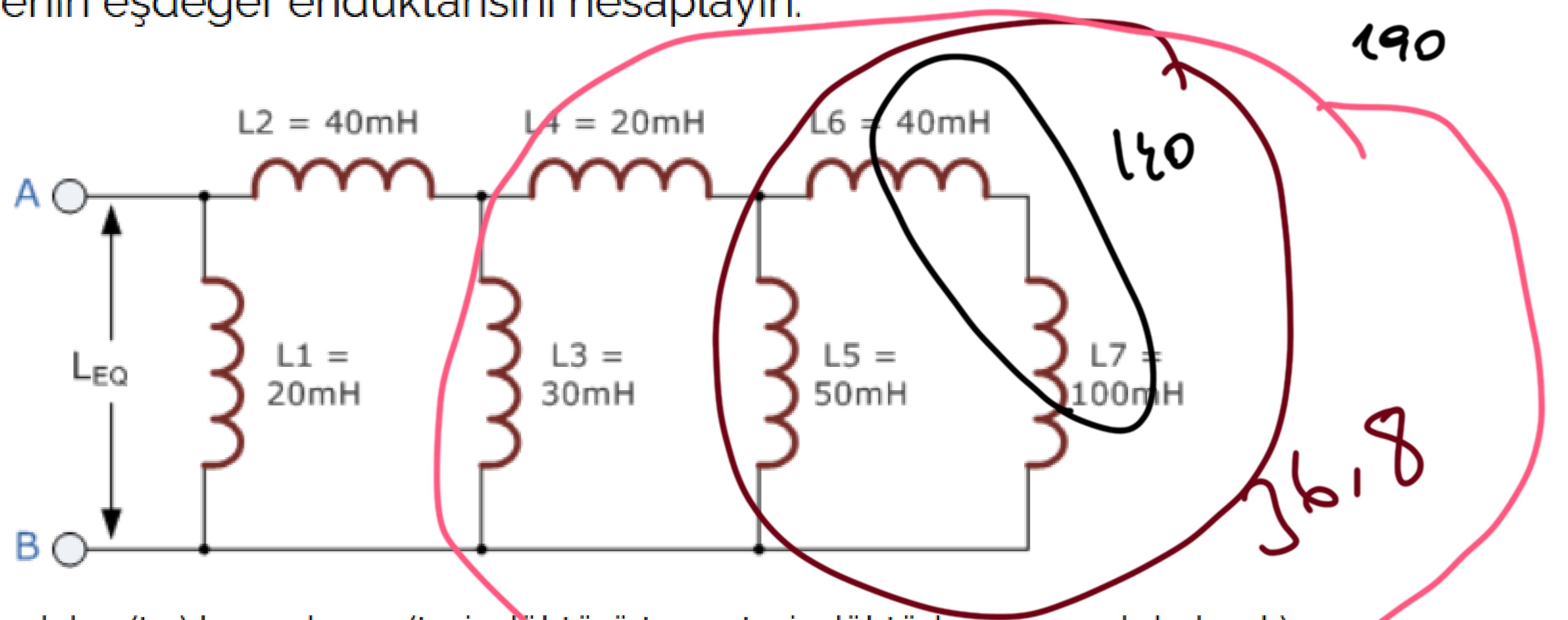
$$\frac{1}{L} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3}$$

$$\frac{1}{L} = \frac{1}{2 \cdot 10^{-3}} + \frac{1}{4 \cdot 10^{-3}} + \frac{1}{6 \cdot 10^{-3}} = \frac{(6 + 3 + 2)}{12 \cdot 10^{-3}}$$

$$L = \frac{12 \cdot 10^{-3}}{11} = 1,09 \text{ mH}$$

# KARIŞIK BAĞLI ENDÜKTÖRLER

Aşağıdaki endüktif devrenin eşdeğer endüktansını hesaplayın.



- İlk indüktör dalını ( $L_A$ ) hesaplayın, ( $L_5$  indüktörü  $L_6$  ve  $L_7$  indüktörlerine paralel olarak)

$$L_A = \frac{L_5 \times (L_6 + L_7)}{L_5 + L_6 + L_7} = \frac{50\text{mH} \times (40\text{mH} + 100\text{mH})}{50\text{mH} + 40\text{mH} + 100\text{mH}} = 36.8\text{mH}$$

- İkinci indüktör dalını ( $L_B$ ) hesaplayın, ( $L_3$  indüktörü  $L_4$  ve  $L_A$  indüktörlerine paralel olarak)

$$L_B = \frac{L_3 \times (L_4 + L_A)}{L_3 + L_4 + L_A} = \frac{30\text{mH} \times (20\text{mH} + 36.8\text{mH})}{30\text{mH} + 20\text{mH} + 36.8\text{mH}} = 19.6\text{mH}$$

- $L_{EQ}$  eşdeğer devre endüktansını hesaplayın, ( $L_1$  indüktörü  $L_2$  ve  $L_B$  indüktörlerine paraleldir)

$$L_{EQ} = \frac{L_1 \times (L_2 + L_B)}{L_1 + L_2 + L_B} = \frac{20\text{mH} \times (40\text{mH} + 19.6\text{mH})}{20\text{mH} + 40\text{mH} + 19.6\text{mH}} = 15\text{mH}$$

$$\frac{140 \cdot 50}{190} = 36.8 \text{ mH}$$

19.6

36.8

15mH X

# Endüktif Reaktans

- Her bobin, alternatif akım devrelerinde frekansla doğru orantılı olarak değişen bir direnç gösterir.
- Bu dirence endüktif reaktans denir.
- Endüktif reaktans  $X_L$  ile gösterilir ve birimi ohm ( $\Omega$ )'dur.
- A.C devrelerde endüktif ~~reaktans~~,  
$$X_L = 2\pi f L$$
 formülü ile hesaplanır.

Burada;

- $X_L$  : endüktif reaktansı, ohm ( $\Omega$ ),
- $f$  : A.C geriliminin frekansını, Hertz ( Hz ),
- $L$  : bobin endüktansını, Henry (H) ifade eder.

# Endüktif Reaktans

**Örnek:** Şekildeki devrede bobinin endüktif reaktansı ve devre akımının hesaplayınız.



$$\bullet X_L = 2\pi f L = 2.3,14.50.10.10^{-3}$$

$$\bullet X_L = 3,14 \Omega$$

$$\bullet I = \frac{V}{X_L} = \frac{10}{3,14} = 3,18 A$$

bună  
efect  
delegă

effekt  
effekt  
effekt

$10^{-5}$

Paradise  
220 J Sib  
electif deg  
eKvit

# KAPASİTÖR ve ENDÜKTÖRLERİN TEMEL KARAKTERİSTİKLERİ

- Bir kapasitör üzerindeki gerilim sabitse (yani zamanla değişmiyorsa), üzerinden geçen akım sıfırdır. Bu yüzden kapasitör, DA (doğru akım)'da açık devre gibi görünür.
- Bir endüktördeki akım sabitse, üzerindeki gerilim sıfırdır. Bu yüzden endüktör, DA (doğru akım)'da kısa devre gibi görünür.
- Kapasitör üzerindeki gerilimde, fiziksel olarak anlık bir sıçrama gerçekleştirilemez.
- Bir endüktörde akımın anlık olarak değişmesi mümkün değildir.

signal processing işleri

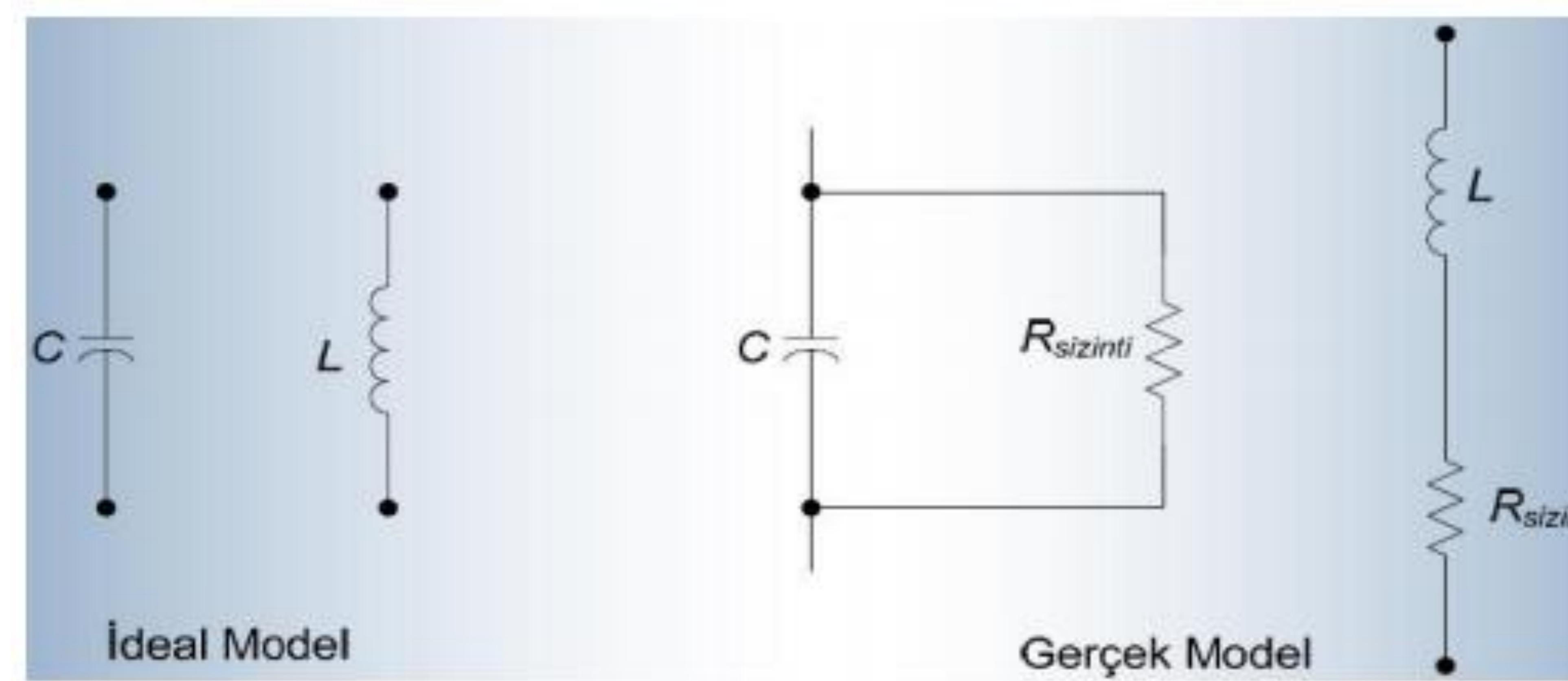
analogs frekans işleme, digital sinyal processing

# Kapasitör ve Endüktör için ikili ilişkiler

Kapasitör	Endüktör
$i(t) = C \frac{dv(t)}{dt}$	$v(t) = L \frac{di(t)}{dt}$
$v(t) = \frac{1}{C} \int_{t_0}^t i(x) dx + v(t_0)$	$i(t) = \frac{1}{L} \int_{t_0}^t v(x) dx + i(t_0)$
$p(t) = Cv(t) \frac{dv(t)}{dt}$	$p(t) = Li(t) \frac{di(t)}{dt}$
$w(t) = \frac{1}{2} Cv^2(t)$	$w(t) = \frac{1}{2} Li^2(t)$

# Kapasitör ve Endüktör için İkili İlişkiler

- Ideal kapasitör ve endüktör, sadece enerji depolar. Bu elemanların modelleri aşağıda verilmektedir:



$$f = 50 \text{ Hz}$$

$$= 220 \text{ V}$$

$$V(t) = V_m \sin \omega t$$

$$I(t) = I_m \sin \omega t$$

?

