

BİRİNCİ VE İKİNCİ DERECEDEN GEÇİCİ DEVRELER

İNDÜKTÖRLERDEN GEÇEN AKIMLAR VE KAPASİTÖRLER
UÇLARINDAKİ GERİLİMLER ANLIK DEĞİŞEMEZ.

SABİT KAYNAKLARIN UYGULANMASI VEYA KALDIRILMASINDA BİLE
GEÇİCİ BİR DAVRANIŞ MEYDANA GELİR.

ÖĞRENME HEDEFLERİ

BİRİNCİ DERECEDEN DEVRELER

Bir tane enerji depolayan eleman içeren devreler.
Ya bir kapasitör ya da bir indüktör.

İKİNCİ DERECEDEN DEVRELER

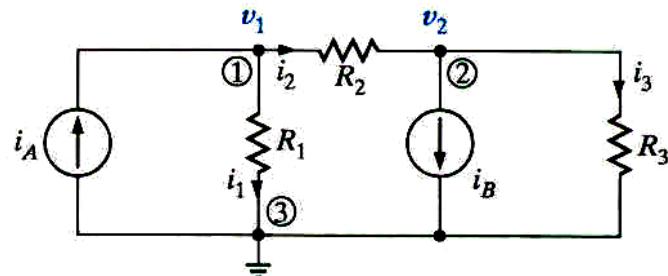
Herhangi bir kombinasyonda iki enerji depolayan
elemanlı devreler.

İNDÜKTÖR VE/VEYA KAPSİTÖRLÜ DOĞRUSAL DEVRELERİN ANALİZİ

MATEMATİKSEL MODELLERİ KULLANAN KONVANSİYONEL ANALİZ, DEVRELERİ TEMSİL EDEN BİR DİZİ DENKLEMİN BELİRLENMESİNİ GEREKTİRİR.
MODEL ELDE EDİLDİĞİNDE, GEREKLİ DURUMLAR İÇİN DENKLEMLER ÇÖZÜLÜR.

ÖRNEĞİN, DİRENÇLİ DEVRELERİN DÜĞÜM VEYA ÇEVRE ANALİZİNDE, BİR DİZİ CEBİRSEL DENKLEMLE DEVRE TEMSİL EDİLİR

DEVRE



MODEL

$$(G_1 + G_2)v_1 - G_2v_2 = i_A$$
$$-G_2v_1 + (G_2 + G_3)v_2 = -i_B$$

İndüktör veya kapasitör olduğunda, modeller lineer adı diferansiyel denklemler haline gelir. Dolayısıyla, enerji depolama elemanlı devreleri analiz edebilmek için bütün bu gereçlere ihtiyaç duyulmaktadır.

Tek enerji depolama elemanlı herhangi bir doğrusal devre için matematiksel modeller türetmede Thevenin'e dayalı bir yöntem geliştirilecektir.

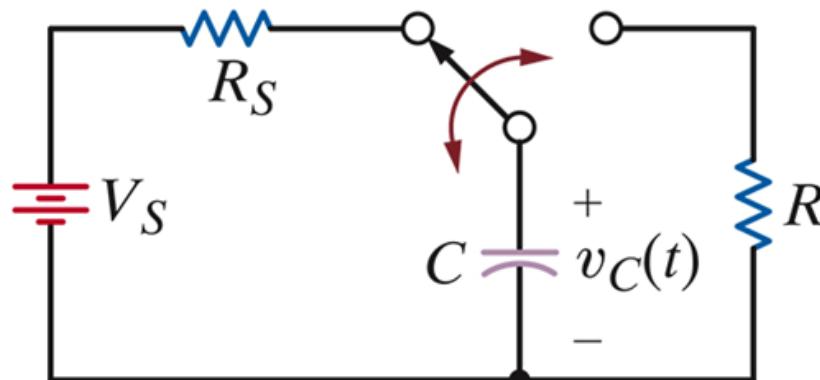
Çözüm formunun önceden bilinmesi durumunda bazı özel durumlarda genel yaklaşım basitleştirilebilir.

Bu durumlarda analiz, bazı parametrelerin belirlenmesinde daha basit olmaktadır. Bu tür iki vaka, sabit kaynaklar için ayrıntılı bir şekilde ele alınacaktır. Birincisi diferansiyel denklemenin kullanılabilirliğini varsayımlı ve ikincisi tamamen temel devre analizi temelinde ... fakat normal olarak daha uzun sürmektedir.

Doğrusal devrelerin performansını ^{EE 201, ÖFBAY} díğer basit girişler için de tartışacağız.

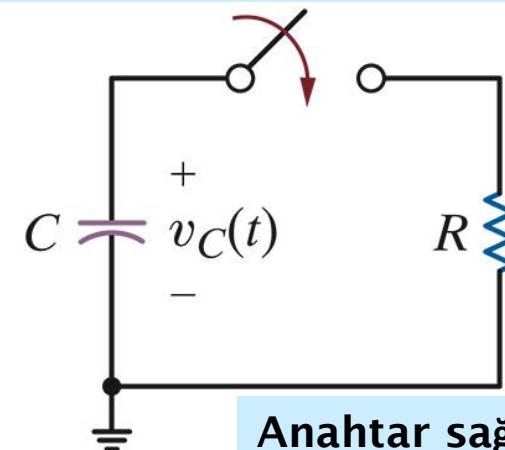
GİRİŞ

İndüktörler ve kapasitörler enerji depolayabilirler. Uygun şartlar altında bu enerji serbest bırakılabilir. Serbest bırakma oranı, enerji depolama elemanının uçlarına bağlı devrenin parametrelerine bağlı olacaktır.

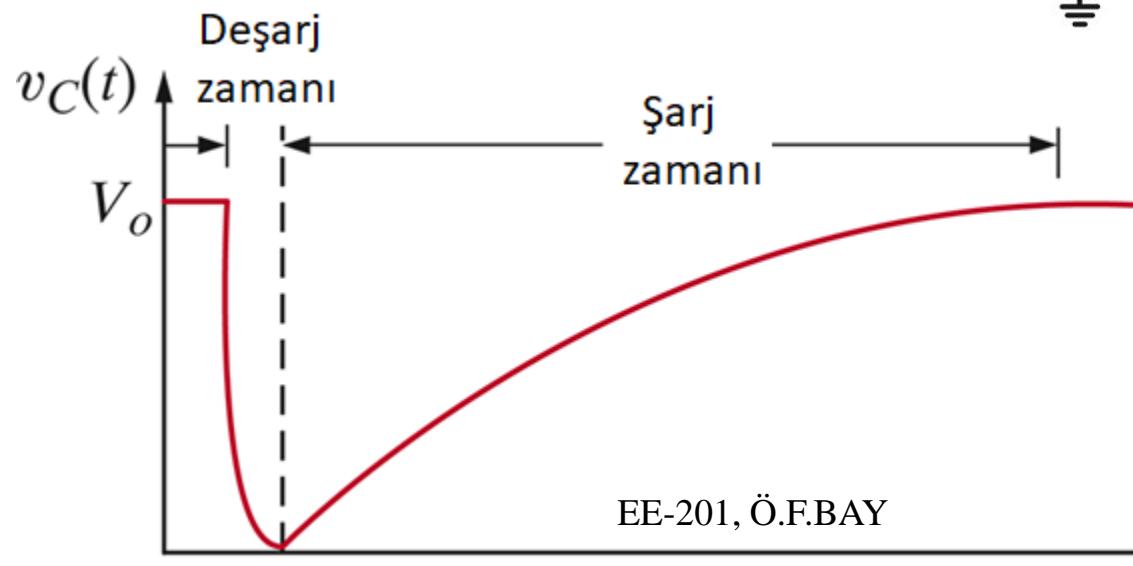


Anahtar sola alındığında, kapasitör aküden şarj edilir.

[(R) Zenon lamba]

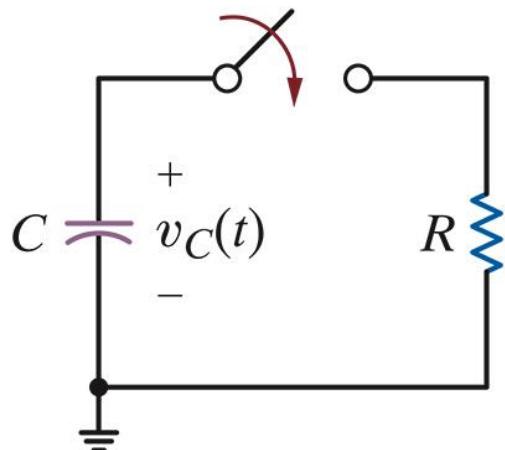


Anahtar sağa alındığında kapasitör lamba üzerinden deşarj olur



Bir kameranın flaş devresi

Bu devrede bir direnç üzerinden deşarj edilen bir kapasitör bulunmaktadır.



Anahtar soldayken, kapasitör aküden şarj edilmiştir

Anahtar sağa alındığında devre ye KAK uygulanırsa;

$$C \frac{dv_C(t)}{dt} + \frac{v_C(t)}{R} = 0$$

$$\frac{dv_C(t)}{dt} + \frac{1}{RC}v_C(t) = 0$$

Bir sonraki kısımda bu denklemin $v_C(t)$ için çözümünün aşağıdaki gibi olduğunu göstereceğiz

$$v_C(t) = V_o e^{-t/RC}$$

BİRİNCİ DERECEDEN DEVRELER

Başlangıç şartları dahilinde, kapasitör gerilimi veya indüktör akımı için modelin aşağıdaki şekilde olacağı gösterilecektir

$$\frac{dx}{dt}(t) + ax(t) = f(t); \quad x(0+) = x_0$$

Dif. Denklemi çözümü zorlanmış çözüm (özel çözüm) $x_p(t)$ ile doğal çözümün (homojen-tamamlayıcı çözüm) $x_c(t)$ toplamı olacaktır

$$x(t) = x_p(t) + x_c(t)$$

$f(t) = A$ gibi bir sabit olduğunda

Bu durumda Diff. Denklemi tam çözümü aşağıdaki denklemlerin çözümünden oluşacaktır

$$\frac{dx_p(t)}{dt} + ax_p(t) = A$$

$$\frac{dx_c(t)}{dt} + ax_c(t) = 0$$

BİRİNCİ DERECEDEN DEVRELER

$$\frac{dx_p(t)}{dt} + ax_p(t) = A$$

Dif. Denklemin sağ tarafı sabit olduğu için $x_p(t)$ çözümü de sabit olacaktır

$$x_p(t) = K_1$$

Bu sabit Diff. Denklemde yerine konulduğunda;

$$K_1 = \frac{A}{a}$$

Doğal çözüm (tamamlayıcı çözüm) için ise, eşitliğin her iki tarafı $x_c(t)$ ile bölündüğünde

$$\frac{dx_c(t)}{dt} + ax_c(t) = 0 \quad \Rightarrow \quad \frac{dx_c(t)/dt}{x_c(t)} = -a$$

Bu denklem aşağıdaki denklemle denktir

$$\frac{d}{dt} [\ln x_c(t)] = -a$$

BİRİNCİ DERECEDEN DEVRELER

$$\frac{d}{dt}[\ln x_c(t)] = -a$$

Bu denklemi her iki tarafının integrali alındığında;

$$\ln x_c(t) = -at + c$$

Bu denklem ise aşağıdaki denklemi denktir.

$$x_c(t) = K_2 e^{-at}$$

Sonuç olarak tam çözüm:

$$x(t) = x_p(t) + x_c(t)$$

$$= \frac{A}{a} + K_2 e^{-at}$$

K_2 sabiti $x(t)$ nin herhangi bir andaki değeri biliniyorsa bulunabilir

$$x(t) = K_1 + K_2 e^{-t/\tau}$$

SABİT KAYNAKLı BİRİNCİ DERECEDEN DEVRELER

Çözümün şekli:

$$x(t) = K_1 + K_2 e^{-\frac{t}{\tau}}; t \geq 0$$

ZAMAN
SABİTİ

GEÇİCİ DURUM

Devredeki herhangi bir değişken şu formdadır:

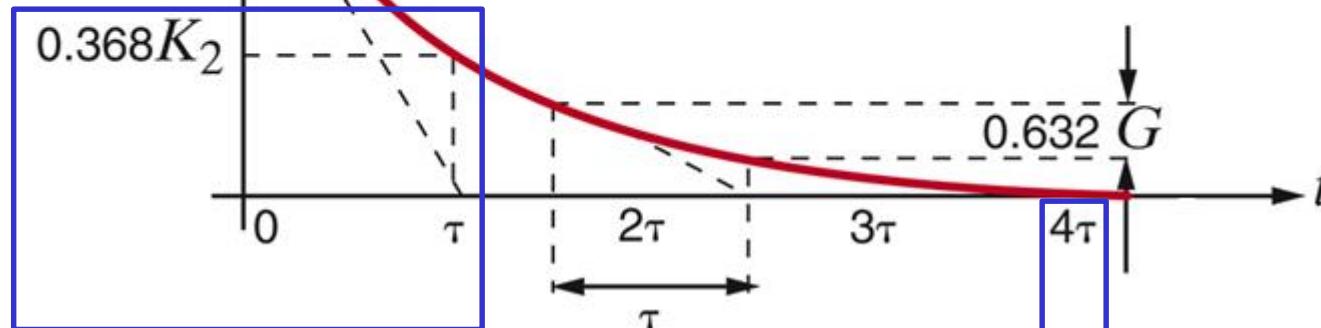
$$y(t) = K_1 + K_2 e^{-\frac{t}{\tau}}; t \geq 0$$

Sadece K_1 , K_2 sabitlerinin değerleri değişecektir

$$x_c(t) = K_2 e^{-t/\tau}$$

GEÇİCİ DURUMUN EVRİMİ VE ZAMAN SABİTİNİN YORUMLANMASI

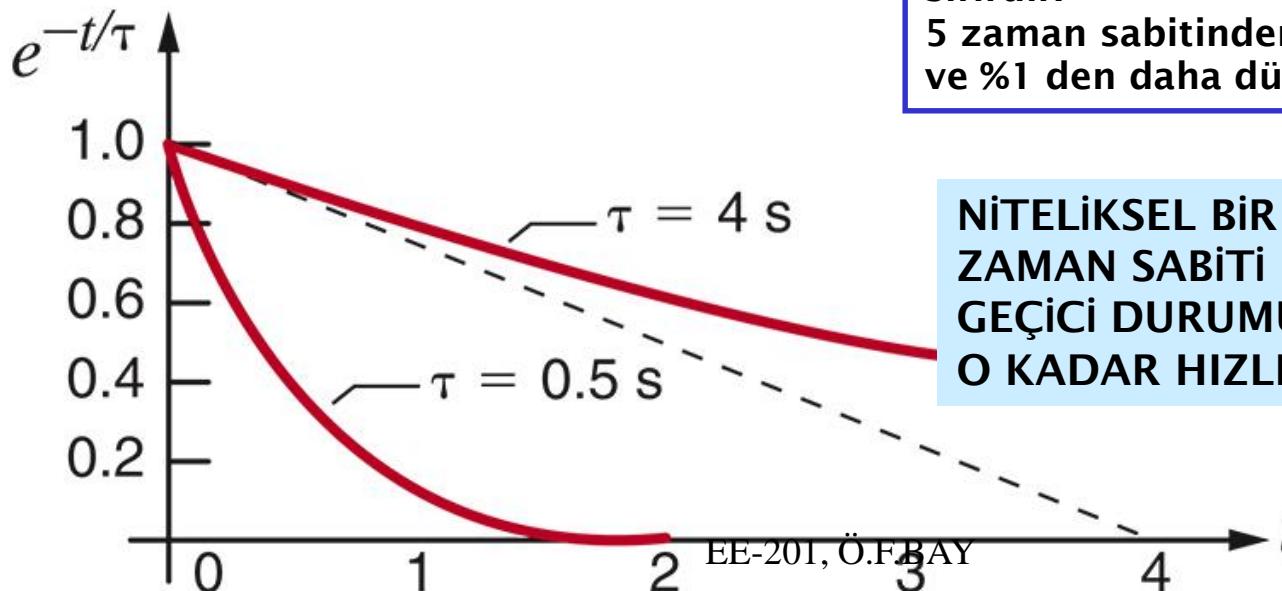
Teğet, bir zaman sabitlik sürede x eksenine ulaşır



Bir zaman sabitlik sürede başlangıç değeri 0.632 kat kadar düşer

4 zaman sabitinde % 2'den az hata ile geçici durum bu noktanın ötesinde sıfırdır.

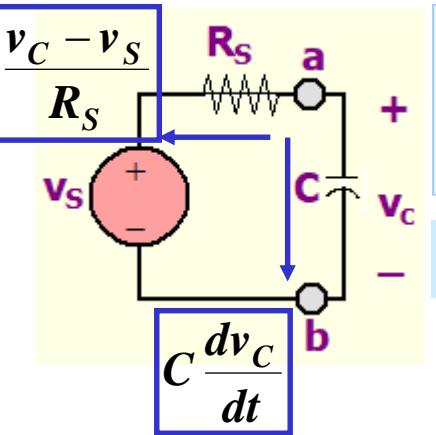
5 zaman sabitinden sonra $0,0067K_2$ olur ve %1 den daha düşük bir değer alır.



ZAMAN SABİTİ

Aşağıdaki örnek zaman sabitinin fiziksel anlamını göstermektedir

Bir kapasitörün şarj edilmesi



a düğümüne KAK uyg. :
 $C \frac{dv_c}{dt} + \frac{v_c - v_s}{R_s} = 0$

Model

$$R_s C \frac{dv_c}{dt} + v_c = v_s$$

Varsayıyalım

$v_s = V_s, v_c(0) = 0$

$\tau = R_s C$

Çözüm:

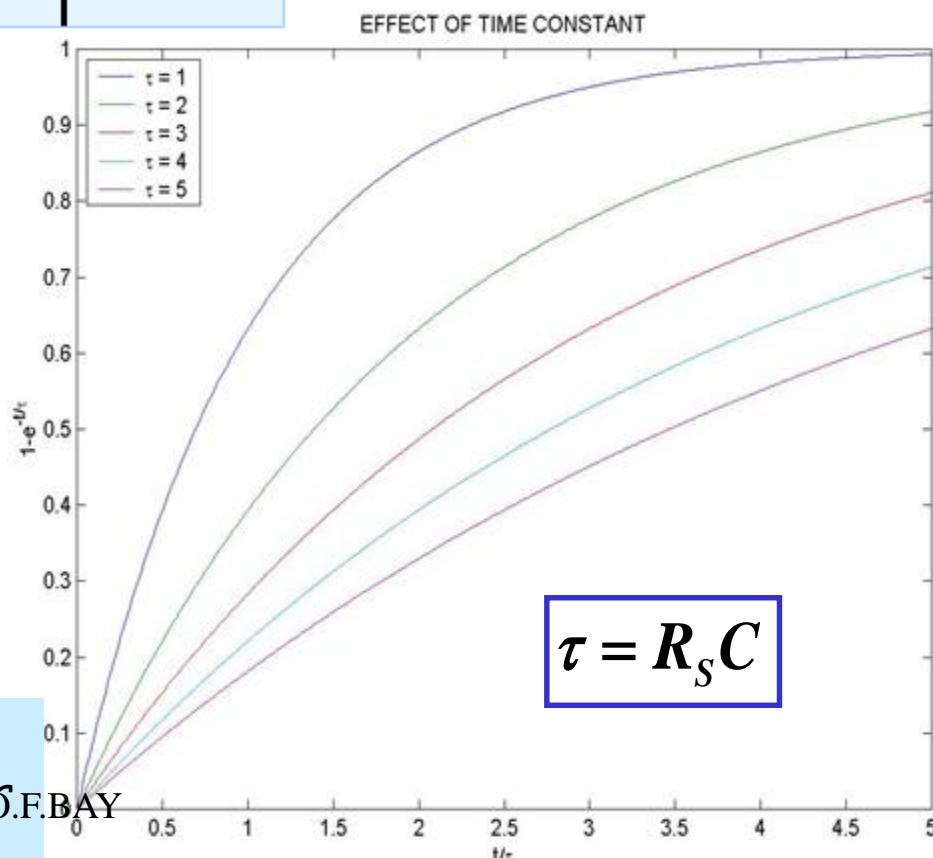
$$v_c(t) = V_s - V_s e^{-\frac{t}{\tau}}$$

geçici

Pratik olarak geçici durum önemsiz hale geldiğinde, kapasitör şarj edilmiş olur

t	$e^{-\frac{t}{\tau}}$
τ	0.368
2τ	0.135
3τ	0.0498
4τ	0.0183
5τ	0.0067

Beş zaman sabitlik süreden sonra, % 1'den daha az hata ile geçici durum önemsizdir.



TEK ENERJİ DEPOLAYAN ELEMANLI DEVRELER

DİFERANSİYEL DENKLEM YAKLAŞIMI

ŞARTLAR

1. Devre sadece sabit bağımsız kaynaklara sahiptir
2. İlgili değişkenin diferansiyel denklemının elde edilmesi kolaydır. Normalde temel analiz araçları kullanılır; örneğin, KAK, KGK... veya Thevenin gibi.
3. Diferansiyel denklemin başlangıç durumu bilinmektedir, veya kalıcı durum analizi kullanılarak elde edilebilir.

ASLINDA: TÜM BAĞIMSIZ KAYNAKLAR, HERHANGİ BİR DEĞİŞKEN $y(t)$ İÇİN SABİTSE, DEVREDE ÇÖZÜM SU ŞEKİLDEDİR

$$y(t) = K_1 + K_2 e^{-\frac{(t-t_0)}{\tau}} ; t \geq t_0$$

ÇÖZÜM STRATEJİSİ: K_1, K_2, τ parametrelerini bulmak için diferansiyel denklemi ve başlangıç şartlarını kullanın.

y değişkeni için diferansiyel denklem aşağıdaki formda biliniyorsa

$$a_1 \frac{dy}{dt} + a_0 y = f$$
$$y(0+) = y_0$$

Bilinmeyenleri bulmak için bu bilgiyi kullanabiliriz

Çözüm formunu diferansiyel denklem ile değiştirerek iki denklem daha bulmak için diferansiyel denklemi kullanın

$$y(t) = K_1 + K_2 e^{-\frac{t}{\tau}}, t > 0 \Rightarrow \frac{dy}{dt} = -\frac{K_2}{\tau} e^{-\frac{t}{\tau}}$$

Bir denklem daha elde etmek için başlangıç koşulunu kullanın

$$a_1 \left(-\frac{K_2}{\tau} e^{-\frac{t}{\tau}} \right) + a_0 \left(K_1 + K_2 e^{-\frac{t}{\tau}} \right) = f$$

$$y(0+) = K_1 + K_2$$
$$K_2 = y(0+) - K_1$$

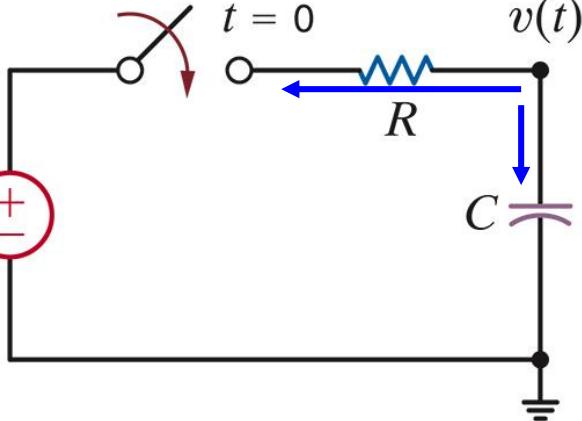
$$a_0 K_1 = f \Rightarrow K_1 = \frac{f}{a_0}$$

KISAYOL: Değişken katsayısı = 1 olan normalize biçiminde diferansiyel denklemi yaz.

$$\left(-\frac{a_1}{\tau} + a_0 \right) K_2 e^{-\frac{t}{\tau}} = 0 \Rightarrow \tau = \frac{a_1}{a_0}$$

$$a_1 \frac{dy}{dt} + a_0 y = f \Rightarrow \frac{a_1}{a_0} \frac{dy}{dt} + y = \frac{f}{a_0}$$
$$\tau \quad K_1$$

ÖRNEK $t > 0$ için $v(t)$ 'yi bulun. $v(0) = \frac{V_s}{2}$ olduğunu varsayın



$$x(t) = K_1 + K_2 e^{-\frac{t}{\tau}}, t > 0$$

$$K_1 = x(\infty); K_1 + K_2 = x(0+)$$

$t > 0$ için model. $v(t)$ düğümüne KAK uygulayın

$$\frac{v(t) - V_s}{R} + C \frac{dv}{dt}(t) = 0 \quad /* / R$$

başlangıç şartı $v(0) = V_s / 2$

(DIFF. DENKLEM BİLİNİYOR,
BAŞLANGIÇ ŞARTI BİLİNİYOR)

ADIM 1 ZAMAN SABİTİ

$$\tau \frac{dy}{dt} + y = f$$

$$RC \frac{dv}{dt}(t) + v(t) = V_s$$

ÖRNEK - devam

$t > 0$ için $v(t)$ 'yi bulun. $v(0) = \frac{V_s}{2}$ olduğu arsayın

ADIM 2 KALICI DURUM ANALİZİ

CÖZÜM : $v(t) = K_1 + K_2 e^{-\frac{t}{\tau}}, t > 0$

$\tau > 0$ için ve $t \rightarrow \infty$, $v(t) \rightarrow K_1$ (kalıcı durum değeri)

Kalıcı durumda çözüm sabittir.
Dolayısıyla türev sıfırdır. (dif denkleminden)

$$\tau \frac{dy}{dt} + y = f \quad \frac{dv}{dt} = 0 \Rightarrow v = V_s \text{ Diff. Denklemden kalıcı durum değeri}$$

\therefore (Kalıcı durum değerlerini denkleştirme)

$$K_1 = V_s$$

EGER MODEL $\tau \frac{dy}{dt} + y = f$ ise O HALDE $K_1 = f$

ADIM 3 BAŞLANGIÇ ŞARTLARININ KULLANIMI

$$t = 0' da$$

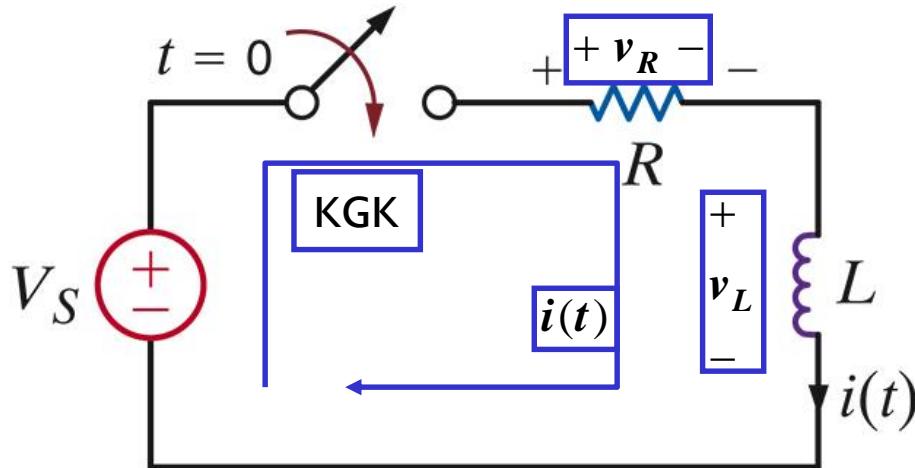
$$v(0) = K_1 + K_2 \Rightarrow K_2 = v(0) - K_1$$

$$K_2 = v(0) - f$$

$$v(0) = \frac{V_s}{2} \Rightarrow K_2 = \frac{V_s}{2} - V_s = -\frac{V_s}{2}$$

EE-201, ÖZÜM : $v(t) = V_s - (V_s / 2)e^{-\frac{t}{RC}}, t > 0$

ÖRNEK $t > 0$ icin, $i(t)$ 'yi BULUNUZ



$$x(t) = K_1 + K_2 e^{-\frac{t}{\tau}}, t > 0$$

$$K_1 = x(\infty); K_1 + K_2 = x(0+)$$

$$i(t) = K_1 + K_2 e^{-\frac{t}{\tau}}, t > 0$$

$t > 0$ icin MODEL. KGK uygulayin

$$V_S = v_R + v_L = Ri(t) + L \frac{di}{dt}(t)$$

BASLANGIC SARTI

$$\left. \begin{array}{l} t < 0 \Rightarrow i(0-) = 0 \\ \text{indüktör} \Rightarrow i(0-) = i(0+) \end{array} \right\} i(0+) = 0$$

ADIM 1

$$\frac{L}{R} \frac{di}{dt}(t) + i(t) = \frac{V_S}{R}$$

$$\tau = \frac{L}{R}$$

ADIM 2 KALICI DURUM

$$i(\infty) = K_1 = \frac{V_S}{R}$$

ADIM 3 BAŞLANGIÇ ŞARTI

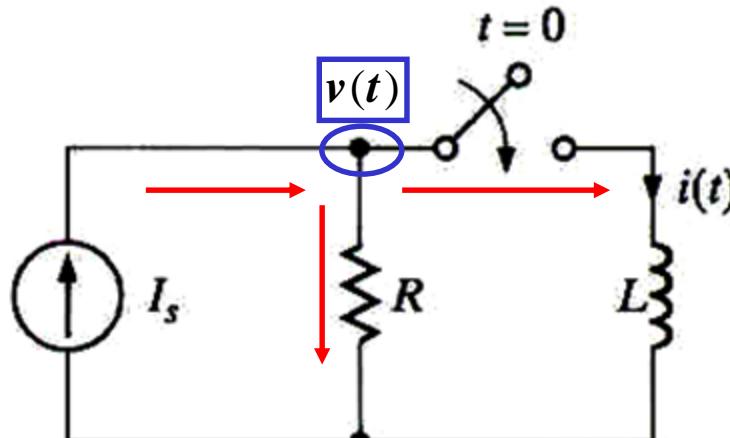
$$i(0+) = K_1 + K_2$$

EE-201, Ö.F.BAY

$$\text{CEVAP : } i(t) = \frac{V_S}{R} \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right)$$

ÖRNEK

$t > 0$ icin, $i(t)$ 'yi BULUNUZ



$$i(t) = K_1 + K_2 e^{-\frac{t}{\tau}}, t > 0$$

$t > 0$ icin MODEL. KAK uygulayin

$$I_s = \frac{v(t)}{R} + i(t)$$

$$v(t) = L \frac{di}{dt}(t) \Rightarrow I_s = \frac{L}{R} \frac{di}{dt}(t) + i(t)$$

BASLANGIC SARTI : $i(0+) = 0$

ADIM 1

$$\tau = \frac{L}{R}$$

ADIM 2

$$i(\infty) = I_s \Rightarrow K_1 = I_s$$

ADIM 3

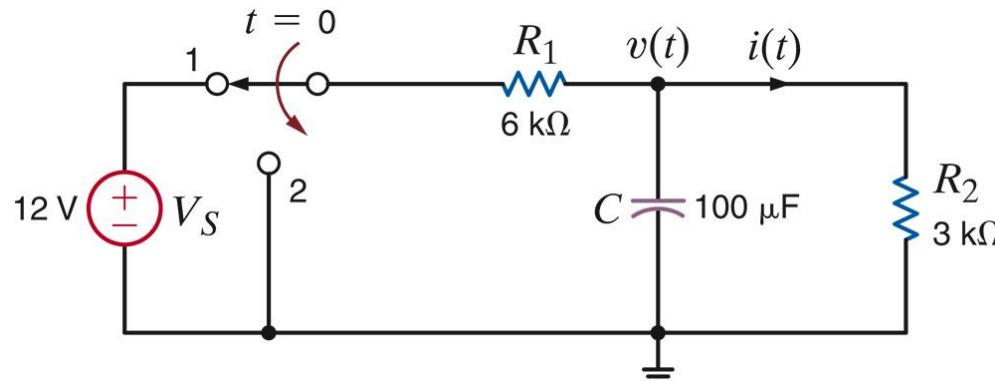
$$i(0+) = 0 = K_1 + K_2$$

CEVAP : $i(t) = I_s \left(1 - e^{-\frac{t}{\frac{L}{R}}} \right)$

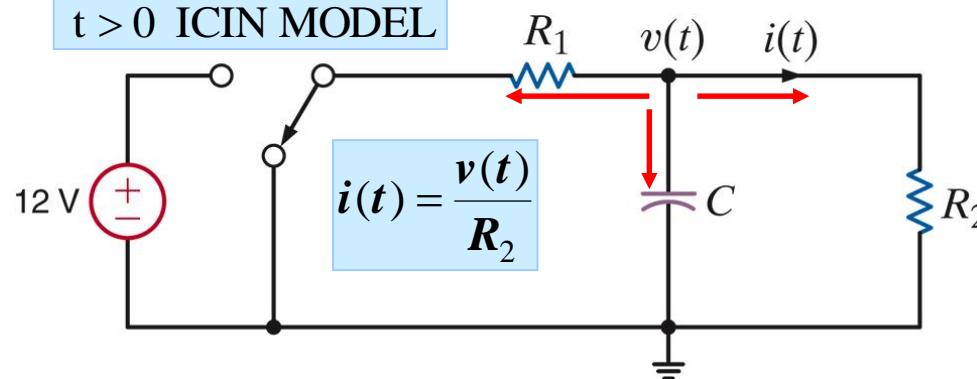
ÖRNEK

Anahtarın uzun bir süre 1 konumunda kaldığıını varsayıñ, $t=0$ 'da anahtar 2 konumuna alındıñmışdır.

$t > 0$ icin, $i(t)$ 'yi BULUNUZ



$t > 0$ ICIN MODEL



$$i(t) = K_1 + K_2 e^{-\frac{t}{\tau}}, t > 0$$

Kapasitör gerilimi için modelin belirlenmesi daha kolaydır

$$\frac{v(t)}{R_1} + C \frac{dv}{dt}(t) + \frac{v(t)}{R_2} = 0; R_P = R_1 \parallel R_2$$

$$C \frac{dv}{dt}(t) + \frac{v(t)}{R_P} = 0$$

$$R_P = 3k \parallel 6k = 2k\Omega$$

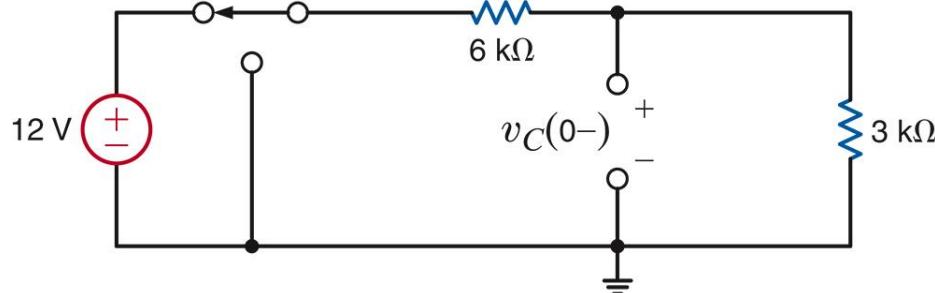
EE-201, Ö.F.BAY

ÖRNEK-devam

Anahtarın uzun bir süre 1 konumunda kaldığını varsayıñ, $t=0$ 'da anahtar 2 konumuna alınmıştır.
 $t > 0$ icin, $i(t)$ 'yi BULUNUZ

BAŞLANGIÇ ŞARTLARI

$t < 0$ ICIN DEVRE KALICI DURUMDA



$$C \frac{dv}{dt}(t) + \frac{v(t)}{R_p} = 0$$

$$R_p = R_1 \parallel R_2$$

$$R_p = 3k \parallel 6k = 2k\Omega$$

$$v_C(0-) = \frac{3k}{3k + 6k} (12) = 4V \Rightarrow v(0+) = 4V$$

ADIM 1

$$\tau = R_p C = (2 \times 10^3 \Omega)(100 \times 10^{-6} F) = 0.2s$$

ADIM 2 $v(\infty) = K_1 = 0$

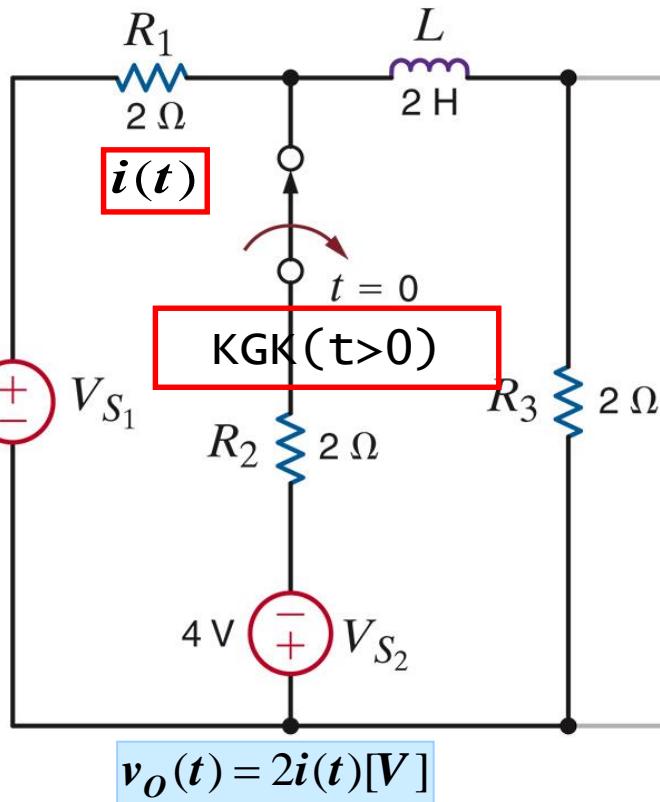
ADIM 3 $v(0+) = K_1 + K_2 = 4V \Rightarrow K_2 = 4V$

$$v(t) = 4e^{-\frac{t}{0.2}} [V], t > 0$$

$$\text{CEVAP : } i(t) = \frac{v(t)}{R_2} = \frac{4}{3} e^{-\frac{t}{0.2}} [mA], t > 0$$

ÖRNEK

$t > 0$ için, $v_o(t)$ 'yi BULUNUZ



$t > 0$ için MODEL. KGK uygulayın

$$-V_{S1} + R_1 i(t) + L \frac{di}{dt}(t) + R_3 i(t) = 0$$

$$2 \frac{di}{dt}(t) + 4i(t) = 12$$

$$0.5 \frac{di}{dt}(t) + i(t) = 3[A]$$

ADIM 1
 $\tau = 0.5$

$$x(t) = K_1 + K_2 e^{-\frac{t}{\tau}}, t > 0$$

$$K_1 = x(\infty); K_1 + K_2 = x(0+)$$

$$i(t) = K_1 + K_2 e^{-\frac{t}{\tau}}, t > 0$$

ADIM 2: KALICI DURUM ANALİZİNİ UYGULAYARAK K_1 'yı BULUN

$$v_o(t) \quad 0.5 \frac{di}{dt}(t) + i(t) = 3 \Rightarrow i(\infty) = 3A$$

$$i(\infty) = K_1$$

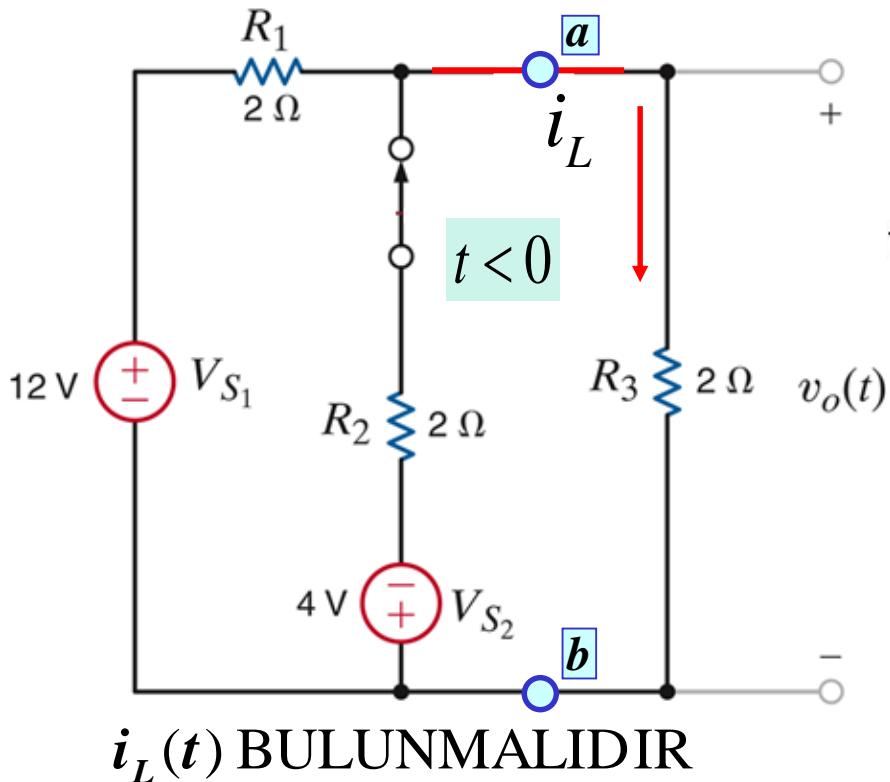
$$\therefore K_1 = 3A$$

SONRAKİ ADIM, DEĞİŞKENİN BAŞLANGIÇ DEĞERİNİ GEREKTİRİR, $i(0+)$

BAŞLANGIÇ DURUMU İÇİN $t < 0$ DAKİ İNDÜKTÖR AKIMINA İHTİYAÇ DUYULUR VE ANAHTARLAMA ESNASINDA İNDÜKTÖR AKIMININ SÜREKLİLİĞİ KULLANILIR.

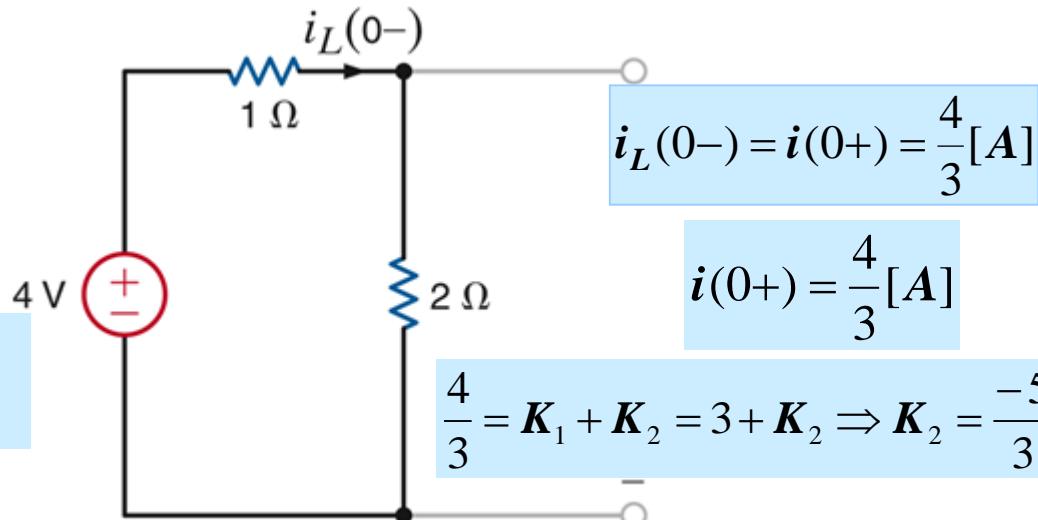
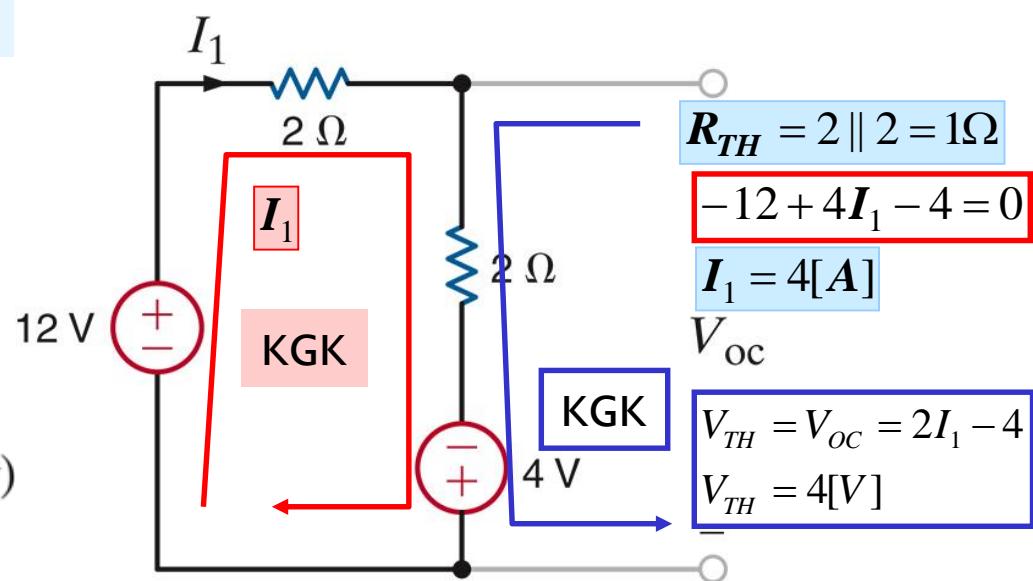
$t < 0$ İÇİN KALICI DURUM VARSAYIMI ANALİZİN BASITLEŞTİRİLMESİSİ SAĞLAR

KALICI DURUMDAKİ DEVRE ($t < 0$)



İDÜKTÖRÜ KALICI DURUMDA
VAR SAYARAK THEVENİN KULLANIN

$$i(t) = K_1 + K_2 e^{-\frac{t}{\tau}}, t > 0$$



$$i(t) = 3 - \frac{5}{3}e^{-\frac{t}{0.5}}, t > 0$$

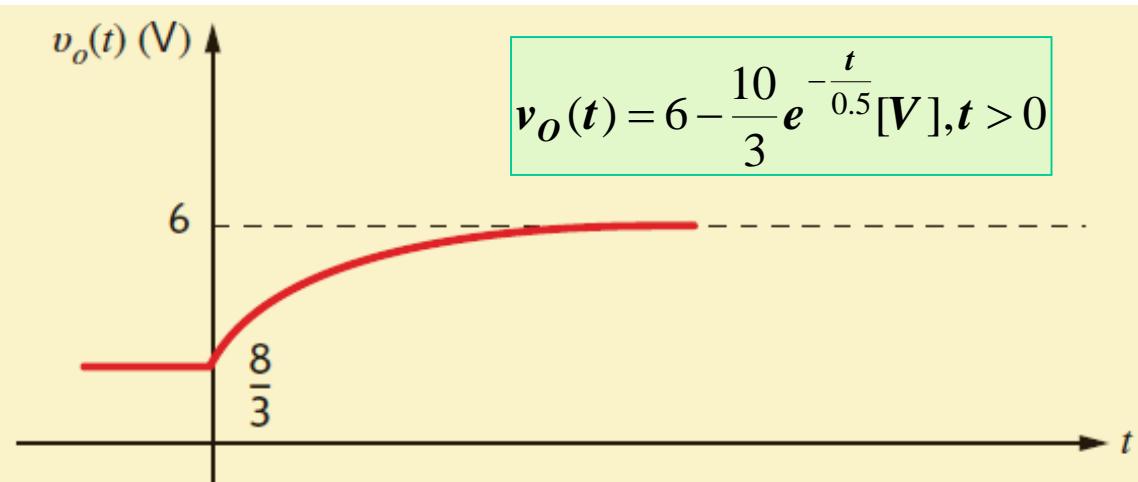
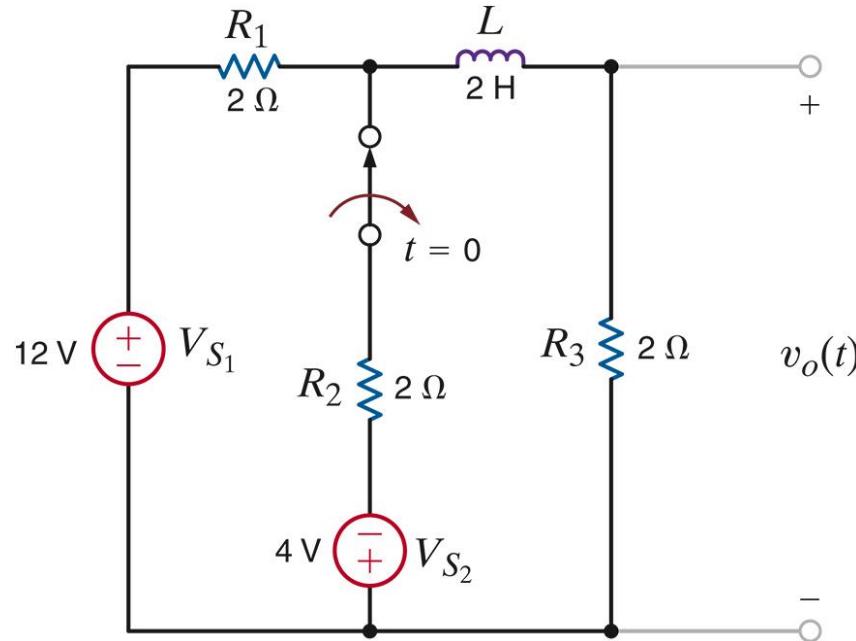
EE-201, Ö.F.BAY

$$v_o(t) = 2i(t)[V]$$

$$v_o(t) = 6 - \frac{10}{3}e^{-\frac{t}{0.5}}[V], t > 0$$

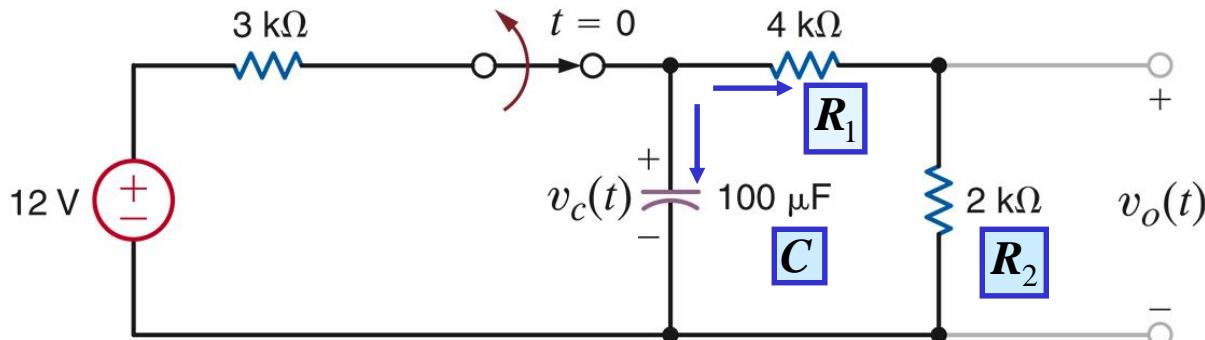
ÖRNEK - devam

$t > 0$ için, $v_o(t)$ 'yi BULUNUZ



ÖRNEK

$t > 0$ ICIN $v_o(t)$ 'YI BULUN



$$v_c(t) = K_1 + K_2 e^{-\frac{t}{\tau}}, t > 0$$
$$K_1 = v_c(\infty); K_1 + K_2 = v_c(0+)$$

$t > 0$ ICIN MODEL. KAK KULLANIN

$$v_o(t) = \frac{2}{2+4} v_c(t) = \frac{1}{3} v_c(t)$$

$v_c(t)$ 'yi belirleyin

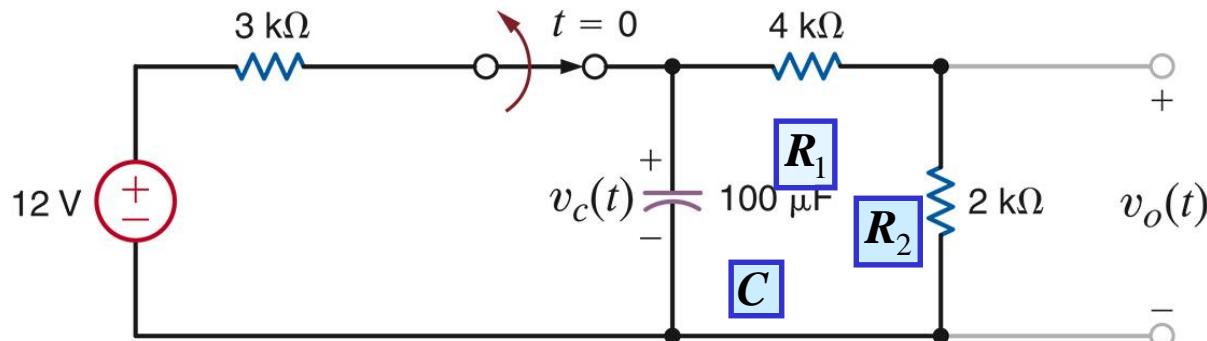
$$C \frac{dv_c}{dt}(t) + \frac{v_c}{R_1 + R_2} = 0 \Rightarrow (R_1 + R_2)C \frac{dv_c}{dt}(t) + v_c = 0$$

ADIM 1 $\tau = (R_1 + R_2)C = (6 \times 10^3 \Omega)(100 \times 10^{-6} F) = 0.6 s$

ADIM 2 $v_c(t) = K_1 + K_2 e^{-\frac{t}{\tau}}, t > 0$ $K_1 = 0$

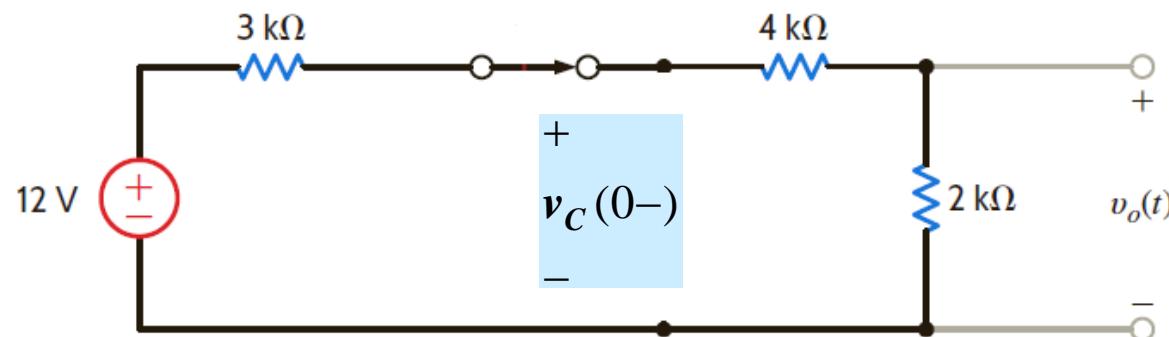
ÖRNEK

$t > 0$ ICIN $v_o(t)$ 'YI BULUN



$$v_c(t) = K_1 + K_2 e^{-\frac{t}{\tau}}, t > 0$$
$$K_1 = v_c(\infty); K_1 + K_2 = v_c(0+)$$

BAŞLANGIÇ ŞARTLARI. DEVRE KALICI DURUMDA $t < 0$



$$v_c(0-) = \frac{6k}{9k} (12)V = 8[V]$$

ADIM 3

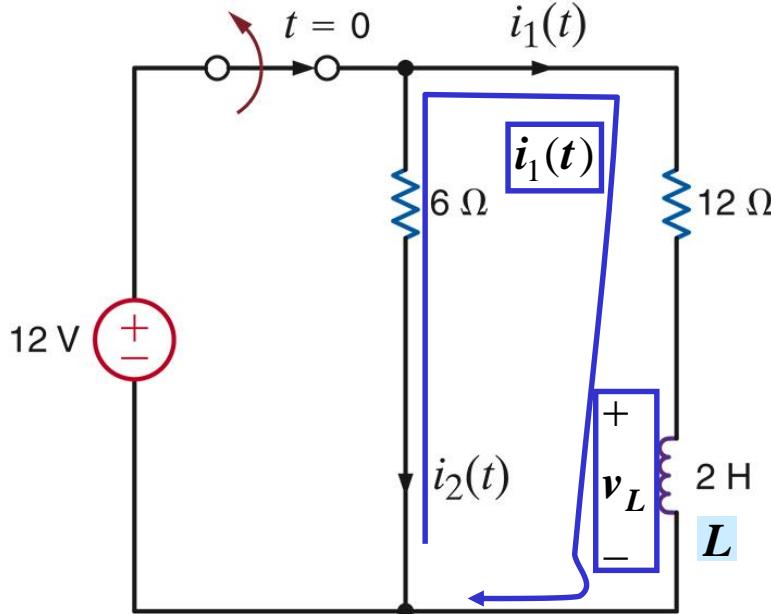
$$v_c(0+) = 8 = K_1 + K_2 = 0 + K_2 \Rightarrow K_2 = 8[V]$$

$$v_c(t) = 8e^{-\frac{t}{0.6}}[V], t > 0$$

$$v_o(t) = \frac{8}{3} e^{-\frac{t}{0.6}}[V], t > 0$$

ÖRNEK

$t > 0$ ICIN $i_1(t)$ 'YI BULUN



$t > 0$ ICIN MODEL. KGK KULLANIN

$$L \frac{di_1}{dt} + 18i_1(t) = 0 \Rightarrow \frac{1}{9} \frac{di_1}{dt} (t) + i_1(t) = 0$$

ADIM 1

$$\tau = \frac{1}{9} \text{ s}$$

ADIM 2

$$K_1 = 0$$

BAŞLANGIÇ DURUMU İÇİN $t < 0$ DAKİ
İNDÜKTÖR AKIMINA İHTİYAÇ DUY

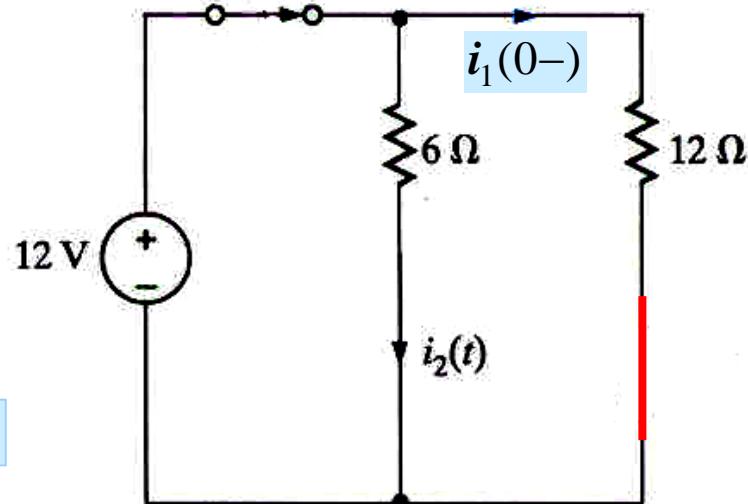
EE-201,

Ö.F.BAY

$$i_1(t) = K_1 + K_2 e^{-\frac{t}{\tau}}, t > 0$$

$$K_1 = i_1(\infty); K_1 + K_2 = i_1(0+)$$

ANAHTARLAMA ÖNCESİ
DEVRE KALICI DURUMDA



$$i_1(0-) = \frac{12V}{12\Omega} = 1A$$

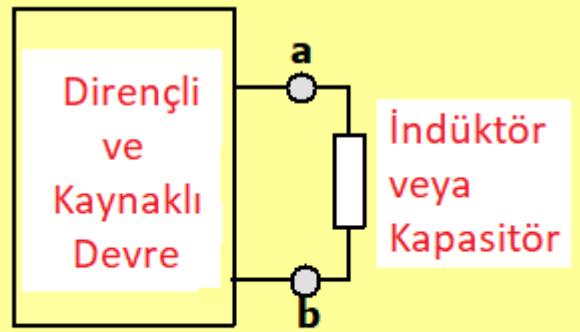
ADIM 3

$$i_1(0-) = i_1(0+) = K_1 + K_2 \Rightarrow K_2 = 1[A]$$

$$\text{CEVAP : } i_1(t) = e^{-\frac{t}{1/9}} [A] = e^{-9t} [A], t > 0$$

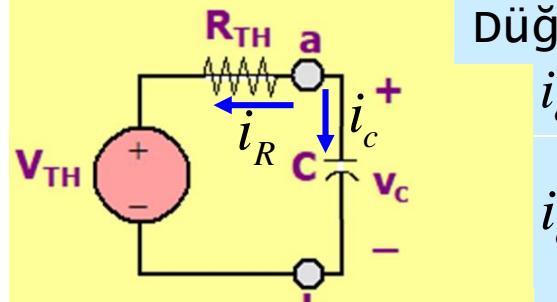
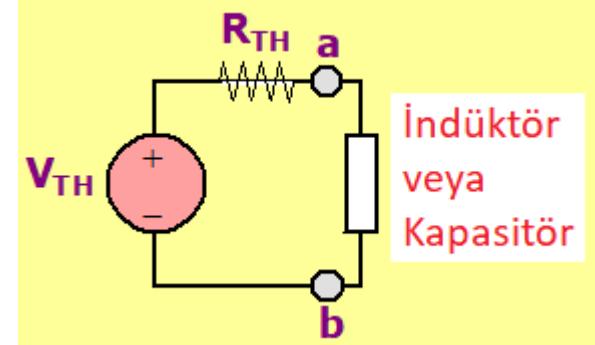
MODELLERİ ELDE ETMEK İÇİN THEVENIN KULLANIMI

Kapasitör uçlarındaki gerilimi veya
indüktörden geçen akımı elde edin



Tek depolama elemanlı devrenin temsili

Thevenin



Durum 1.1
Kapasitör uçlarındaki gerilim

Düğüm a'ya KAK

$$i_c + i_R = 0$$

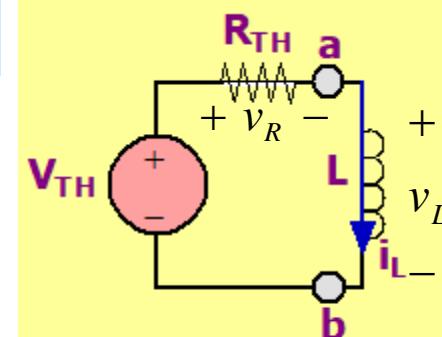
$$i_c = C \frac{dv_C}{dt}$$

$$i_R = \frac{v_C - v_{TH}}{R_{TH}}$$

$$C \frac{dv_C}{dt} + \frac{v_C - v_{TH}}{R_{TH}} = 0$$

$$R_{TH} C \frac{dv_C}{dt} + v_C = v_{TH}$$

EE-201, Ö.F.BAY



Durum 1.2
İndüktörden geçen akım

KGK KULLAN

$$v_R + v_L = v_{TH}$$

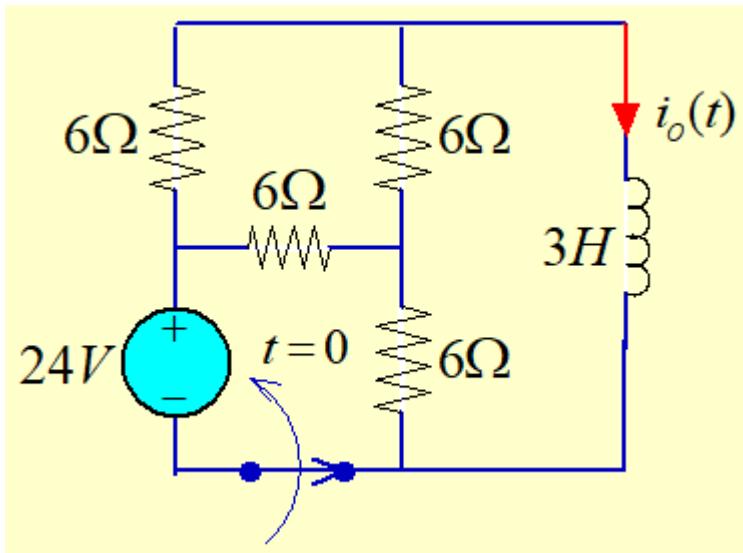
$$v_R = R_{TH} i_L$$

$$v_L = L \frac{di_L}{dt}$$

$$L \frac{di_L}{dt} + R_{TH} i_L = v_{TH}$$

$$\left(\frac{L}{R_{TH}} \right) \frac{di_L}{dt} + i_L = \frac{v_{TH}}{R_{TH}} =$$

ÖRNEK

 $t > 0$ ICİN $i_o(t)$ 'YI BULUN

İlgilenilen değişken indüktör akımıdır. Model:

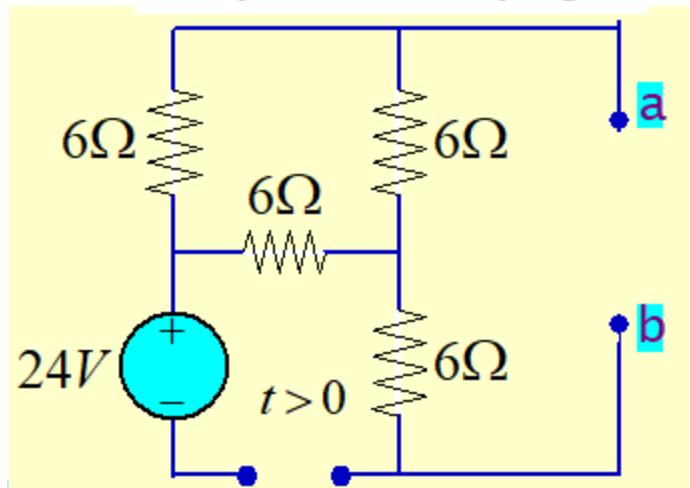
$$\frac{L}{R_{TH}} \frac{di_o}{dt} + i_o = \frac{v_{TH}}{R_{TH}}$$

ve çözümün formu

$$i_o(t) = K_1 + K_2 e^{-\frac{t}{\tau}} ; t > 0$$

Sonraki adım: Başlangıç şartı

İndüktör uçlarına göre
 $t > 0$ için Thevenin Eşdeğeri



$$v_{TH} = 0 \quad R_{TH} = 6 + (6 \parallel (6 + 6)) = 10\Omega$$

$$\tau = \frac{L}{R_{TH}} = \frac{3H}{10\Omega} = 0.3s$$

$$0.3 \frac{di_o}{dt} + i_o = \boxed{0}; \quad t > 0$$

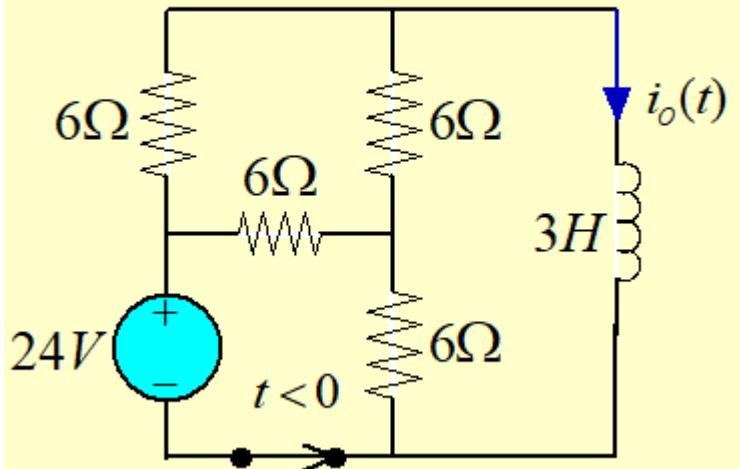
$$0.3 \left(-\frac{K_2}{0.3} e^{-\frac{t}{0.3}} \right) + K_1 + K_2 e^{-\frac{t}{0.3}} = 0$$

$$\boxed{K_1 = 0} \Rightarrow i_o(t) = K_2 e^{-\frac{t}{0.3}} ; t > 0$$

$i_o(0+)$ 'yi belirleyin.

Kalıcı durum varsayımlını ve induktör akımının sürekliliğini kullanın

$t < 0$ için devre



$$6i_1 + 6(i_1 - i_3) + 6(i_1 - i_2) = 0$$

Çevre analizi

$$-24 + 6(i_2 - i_1) + 6(i_2 - i_3) = 0$$

$$i_0(0+) = i_3$$

$$6(i_3 - i_1) + 6(i_3 - i_2) = 0$$

$$\frac{v_1}{6} + \frac{v_1}{6} + \frac{v_1 - 24}{6} = 0 \Rightarrow v_1 = 8$$

Düğüm analizi

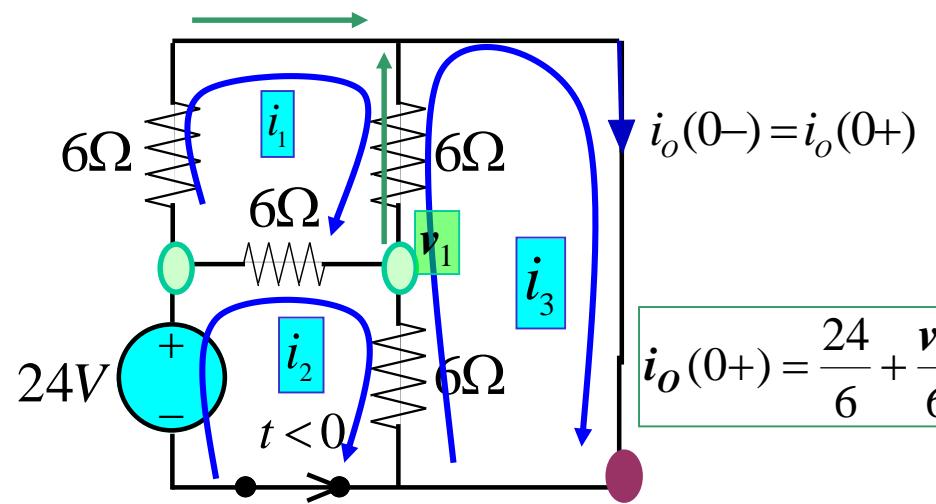
çözüm : $i_0(0+) = \frac{32}{6}$ mA

$K1=0$ olduğundan, çözüm:

$$i_o(t) = K_2 e^{-\frac{t}{0.3}} ; t > 0$$

$$i_0(0+) = K_1 + K_2 = 0 + K_2 \Rightarrow K_2 = \frac{32}{6}$$

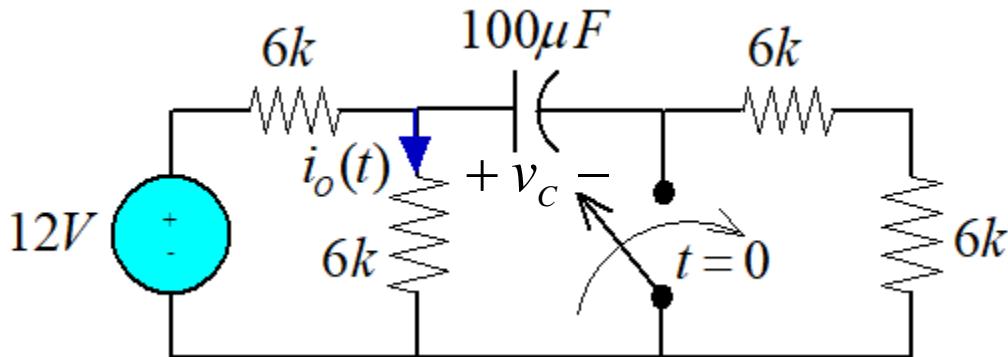
$$i_o(t) = \frac{32}{6} e^{-\frac{t}{0.3}} ; t > 0$$



$$i_o(0+) = \frac{24}{6} + \frac{v_1}{6}$$

ÖRNEK

$t > 0$ için, $i_o(t)$ 'yi bulun

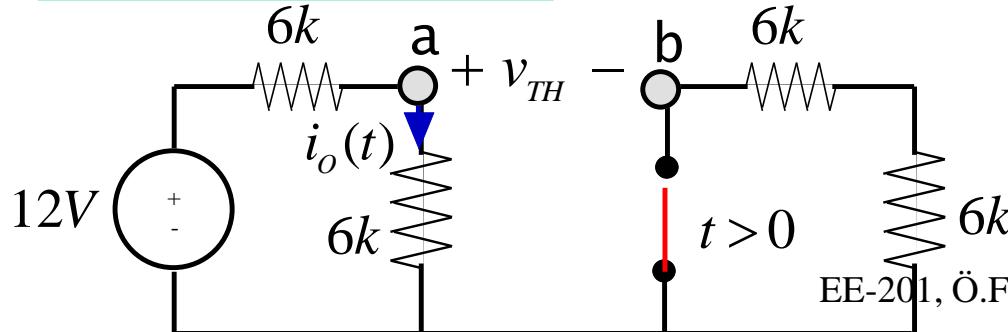


$$t > 0 \text{ için, } i_o = v_c / 6k$$

Eğer kapasitör gerilimi bilinirse
problem çözülür

v_c için model

$$R_{TH} C \frac{dv_c}{dt} + v_c = v_{TH}$$



$$\Lambda^{TH} = Q\Lambda$$

$$R_{TH} = 6k \parallel 6k = 3k$$

$$\tau = 3 * 10^3 \Omega * 100 * 10^{-6} F = 0.3s$$

v_c için Model

$$0.3 \frac{dv_c}{dt} + v_c = 6$$

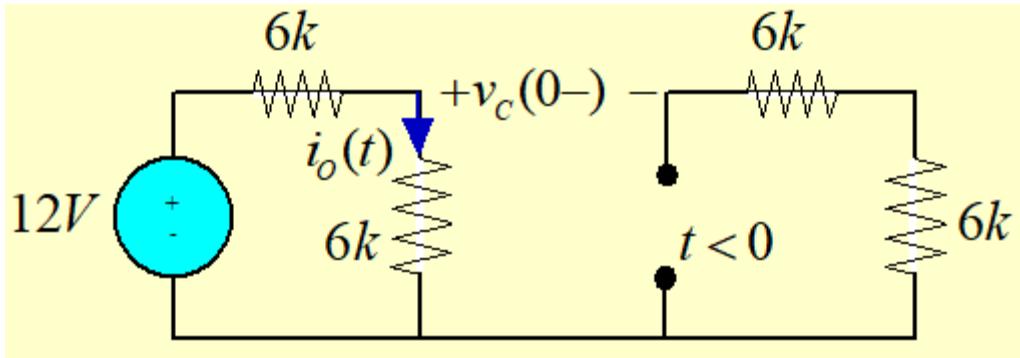
$$v_c = K_1 + K_2 e^{-\frac{t}{0.3}}$$

$$1.5 \left(-\frac{K_2}{1.5} e^{-\frac{t}{1.5}} \right) + K_1 + K_2 e^{-\frac{t}{0.3}} = 6$$

$$K_1 = 6$$

Şimdi süreklilik ve kalıcı durum varsayımlarını kullanarak başlangıç değeri $v_c(0+)$ 'yi belirlemeliyiz

Anahtarlamadan önce
kalıcı durumdaki devre



$$v_c(0-) = 6V$$

Kapasitör geriliminin sürekliliği

$$v_c(0+) = 6V$$

$$K_1 + K_2 = v_c(0+)$$

$$K_1 = 6 \Rightarrow K_2 = 0$$

$$v_c(t) = 6V; t > 0 \Rightarrow$$

$$i_o(t) = \frac{v_c}{6k} = 1mA; t > 0$$