

DiĞER ANALİZ TEKNİKLERİ

iÇERİK

EŞDEĞERLİK

DOĞRUSALLIK

KAYNAK DÖNÜŞÜMÜ

SUPERPOZİSYONUN UYGULANMASI

THEVENİN VE NORTON TEOREMLERİ

ENFAZLA GÜÇ AKTARIMI

DiĞER ANALİZ TEKNİKLERİ

ÖĞRENME HEDEFLERİ

DOĞRUSALLIĞIN GÖZDEN GEÇİRİLMESİ
Doğrusallığın iki eşdeğer tanımı vardır.
Çarpımsallık uygulaması gösterilecek

SÜPERPOZİSYON UYGULAMASI

Doğrusal devrelerde süperpozisyon özelliğinin bazı etkileri tartışılacak

THEVENİN VE NORTON TEOREMLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Bu teoremler, bir devrenin parçalarına odaklanmamıza ve gereksiz karmaşıklıkları gizlememize imkan tanıyan çok güçlü analiz araçlarıdır.

MAKSİMUM GÜÇ TRANSFERİ

Bu, Thevenin ve Norton teoremlerinin çok kullanışlı bir uygulamasıdır.

DÜĞÜM VE ÇEVRE ANALİZİ YÖNTEMLERİ, BİR DEVREDEKİ HER BİLEŞENİN DAVRANIŞINI BELİRLEMEK İÇİN GÜÇLÜ ARAÇLARDIR

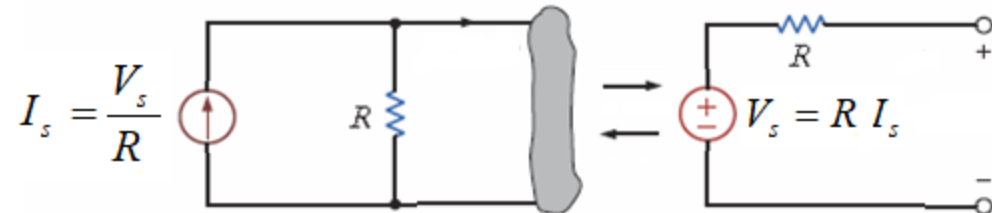
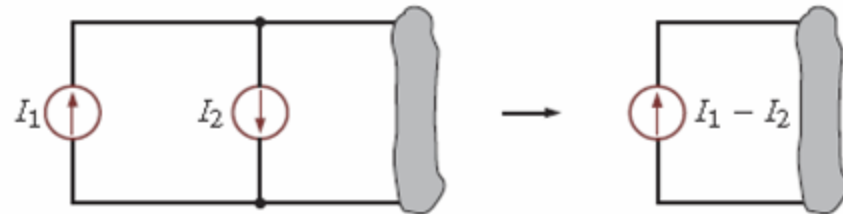
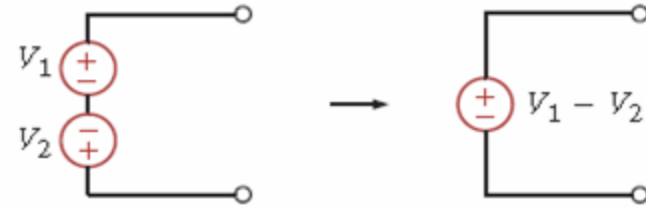
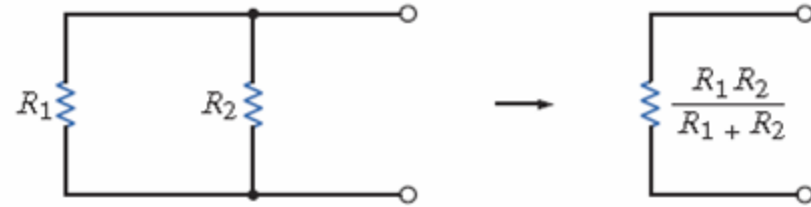
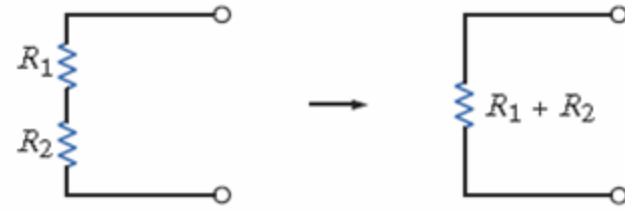
Daha önceki bölümde öğrendiğimiz teknikler, seri / paralel direnç birleştirmeleri, gerilim bölüşümü ve akım bölüşümü, genel metotlardan daha verimli olan fakat sınırlı bir uygulanabilirliğe sahip özel tekniklerdir.

Onları belleğimizde tutmak ve daha verimli olduklarında kullanmak gibi bir avantaja sahibiz.

**Bu bölümde,
bazı devrelerin analizini basitleştiren ek tekniklerden bahsedeceğiz.**

Aslında bu teknikler, şimdiye kadar tanıttığımız kavramlar üzerine kuruludur: Doğrusallık ve devre eşdeğerliği.

BAZI EŞDEĞER DEVRELER

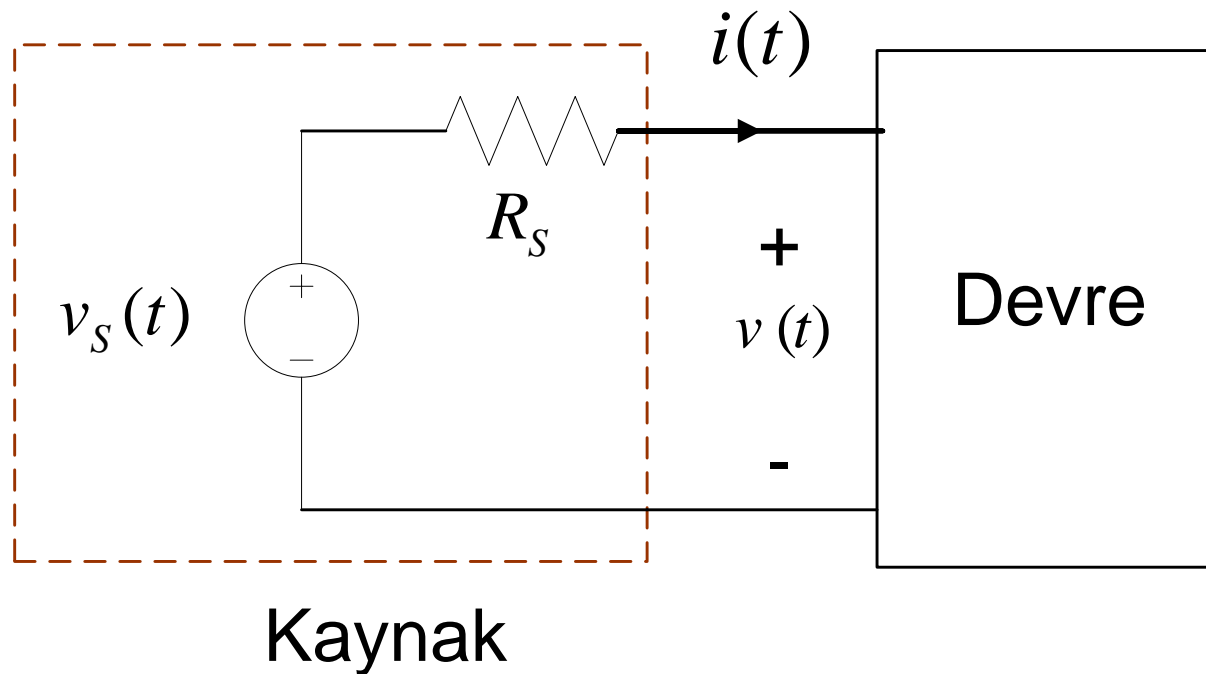


Eşdeğer Kaynaklar

- İdeal akım kaynağı üreteceği akımın ihtiyacı kadar gerilime sahiptir.
- İdeal gerilim kaynağı üreteceği gerilime oranlı bir şekilde akım verir.
- Gerçek gerilim kaynağı isteğe göre büyük miktarda akımı karşılayamaz.
- Gerçek akım kaynağı isteğe göre büyük uç gerilimine sahip olamaz.

Daha Gerçekçi Kaynak Modeli

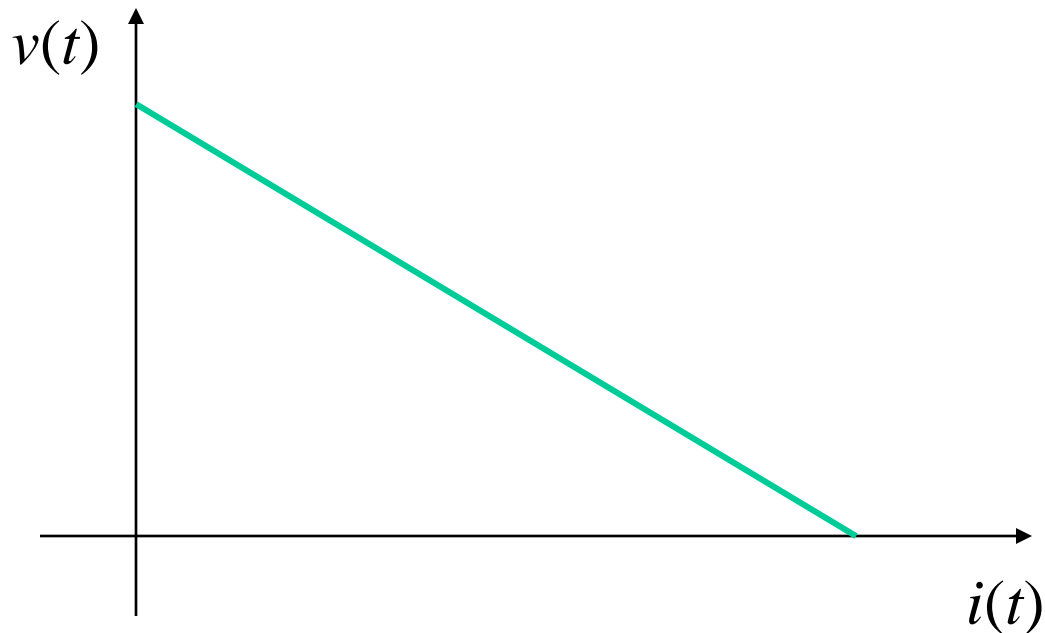
Gerçek Gerilim Kaynağı



I-V Bağıntısı

Bu kaynak modeli için I-V bağıntısı

$$v(t) = v_s(t) - R_s i(t)$$



Açık Devre Gerilimi

- Eğer kaynaktan akım çekilmiyorsa kaynak açık devre olarak gösterilir.
- $i(t)$ sıfıra eşitken kaynak uçlarındaki gerilim, açık devre gerilimi olarak adlandırılır:

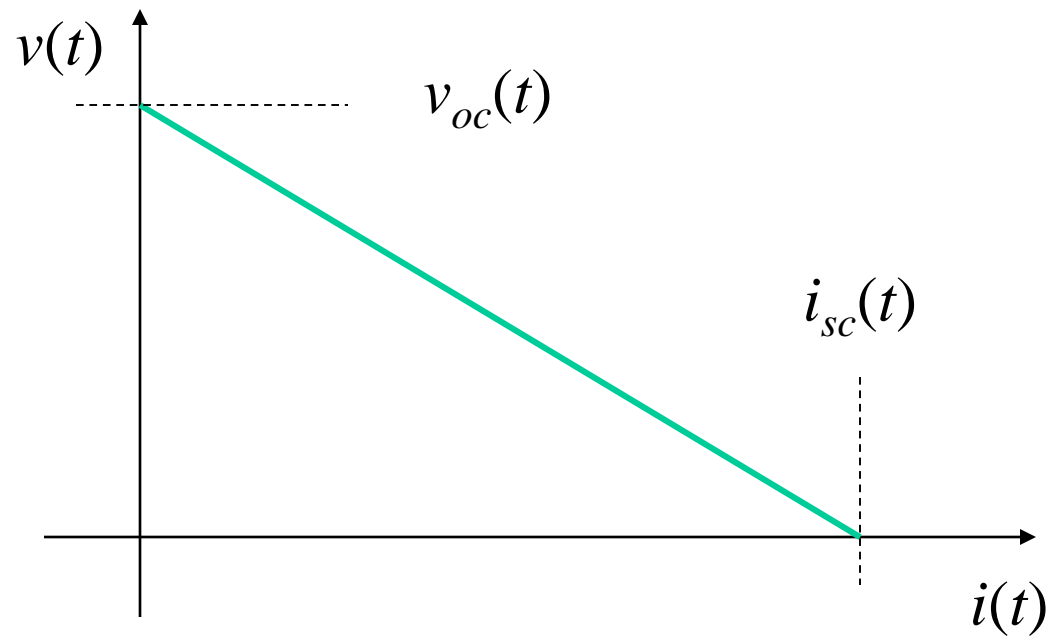
$$v_{oc}(t)$$

Kısa Devre Akımı

- Eğer kaynak uçlarındaki gerilim sıfır ise, kaynak kısa devre olarak gösterilir.
- $v(t)$ sıfıra eşitken akan akım, kısa devre akımı olarak adlandırılır:

$$i_{sc}(t)$$

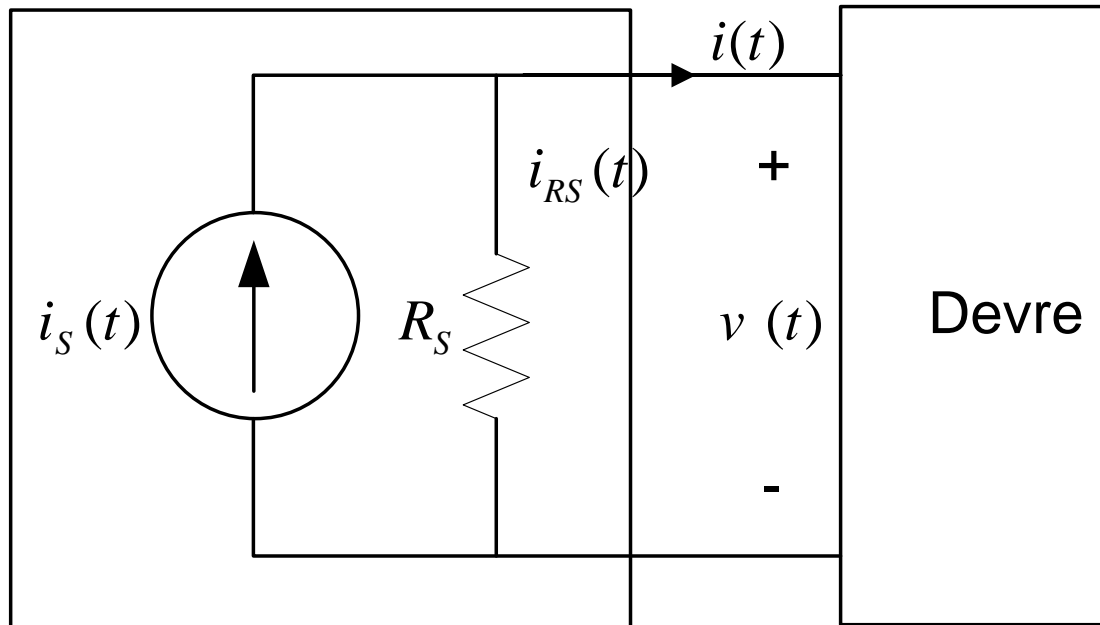
$v_{oc}(t)$ ve $i_{sc}(t)$



$$v_{oc}(t) \text{ ve } i_{sc}(t)$$

- I-V hattının her iki eksenini kestiği yerde, açık devre gerilimi ve kısa devre akımını belirlenir.
- Aynı I-V karakteristiklerine sahip her devre eşdeğer devredir.

Gerçek Akım Kaynağı



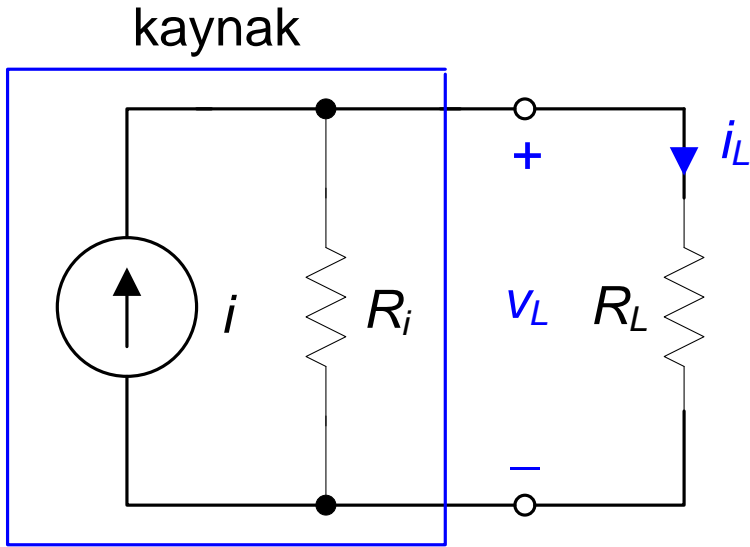
$$i_{RS}(t) = \frac{v(t)}{R_S}$$

Kaynak Dönüşümü

- Eşdeğer kaynaklar bazı devrelerin analizini basitleştirmek için kullanılabilir.
- Bir dirençle seri bağlı bir gerilim kaynağı, bir dirençle paralel bağlı bir akım kaynağına dönüştürülebilir.
- Bir dirençle paralel bağlı bir akım kaynağı, bir dirençle seri bağlı bir gerilim kaynağına dönüştürülebilir.

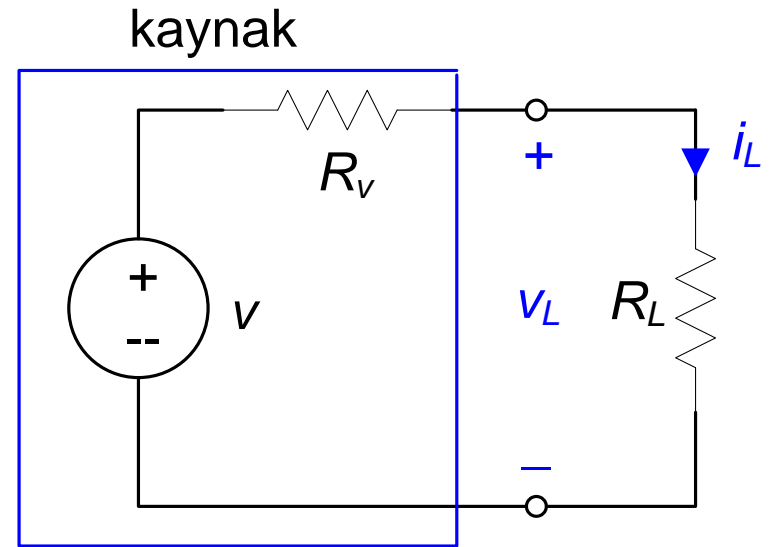
Eşdeğer Kaynaklar

iki kaynağın eşdeğer olması için gerekli şartları belirlemeliyiz.



$$i = i_L + \frac{v_L}{R_i}$$

$$iR_i = R_i i_L + v_L$$

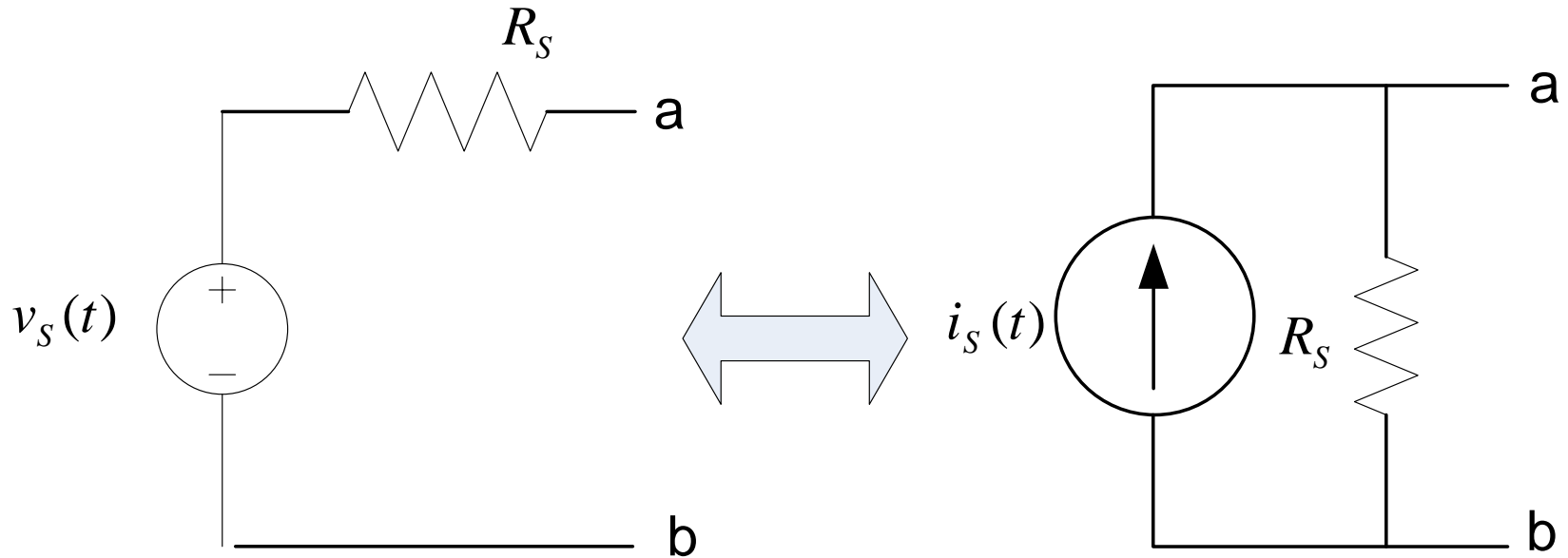


$$v = i_L R_v + v_L$$

iki devrenin eşdeğer olması için uç karakteristiklerinin aynı olması gerekir

$$v = iR_i \quad \text{ve} \quad R_i = R_v \quad \text{olmalı}$$

Kaynak Dönüşümü

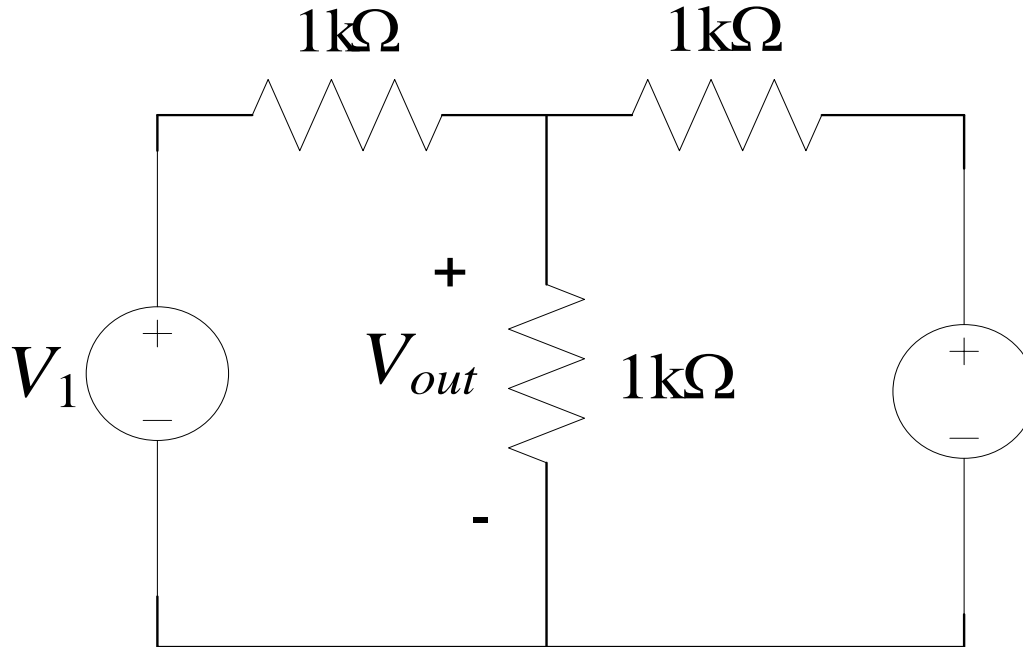


$$I_s = \frac{V_s}{R_s}$$

$$V_s = R_s I_s$$

Kaynak Dönüşümü Analizi

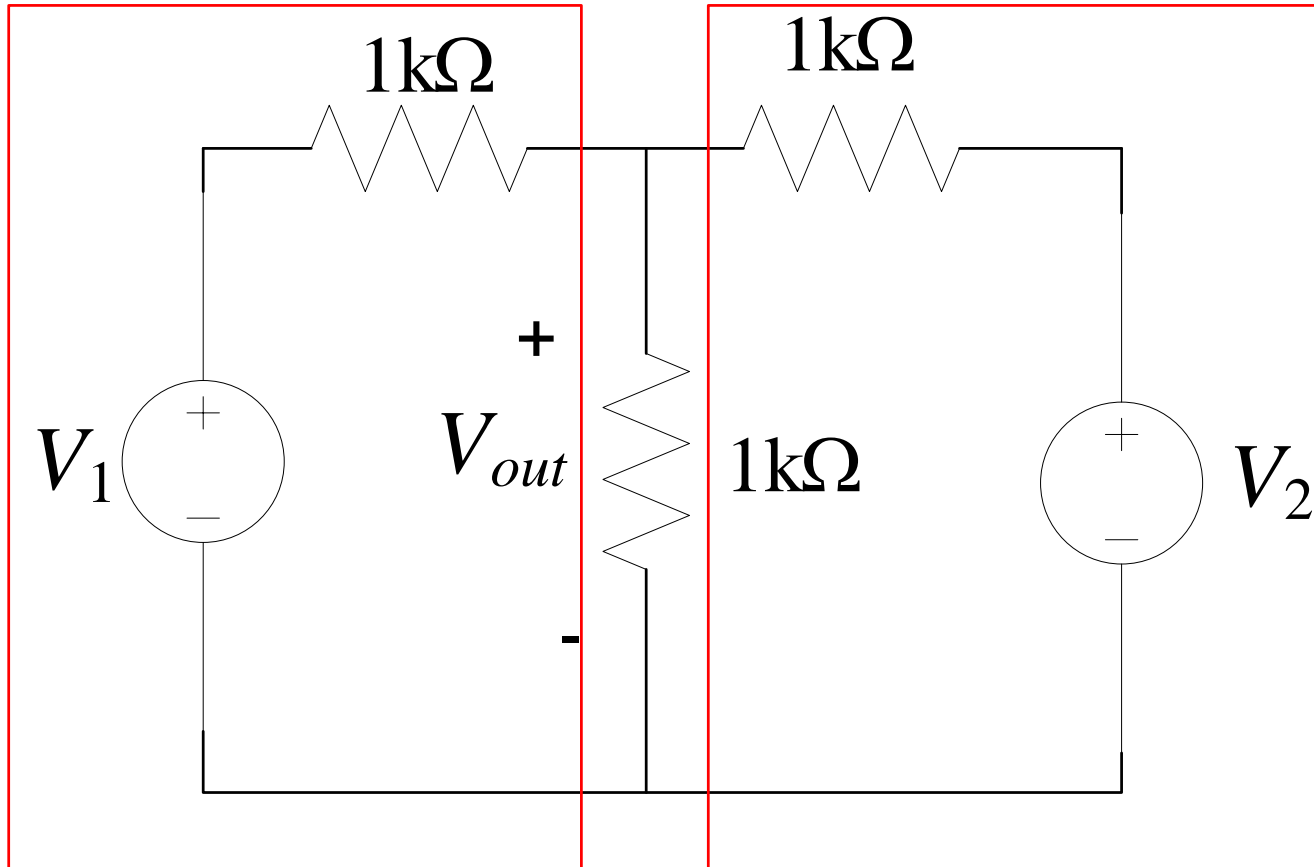
Örnek-1. V_{out} gerilimini bulunuz



Kaynak dönüşümü bu devrenin analiz edilmesini nasıl kolaylaştırır?

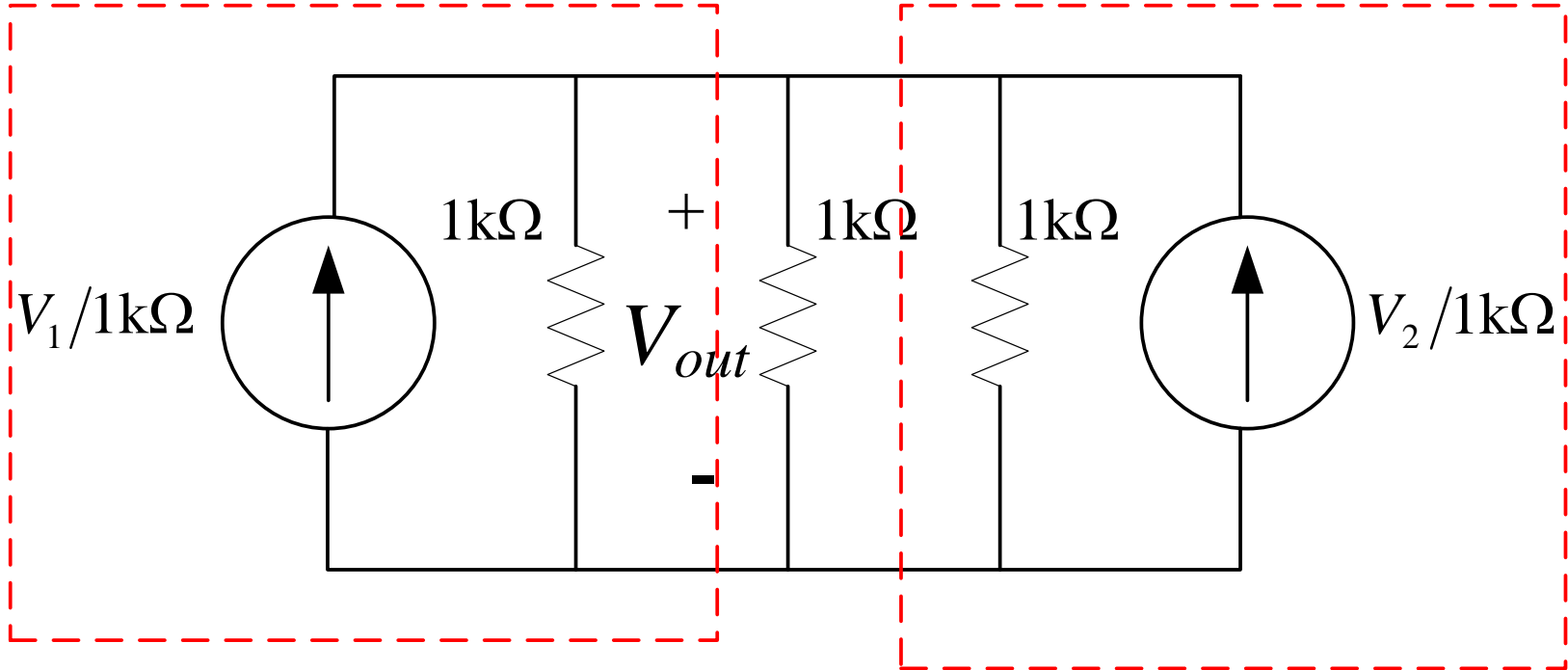
Kaynak Dönüşümü Analizi

Örnek-1. (devamı)



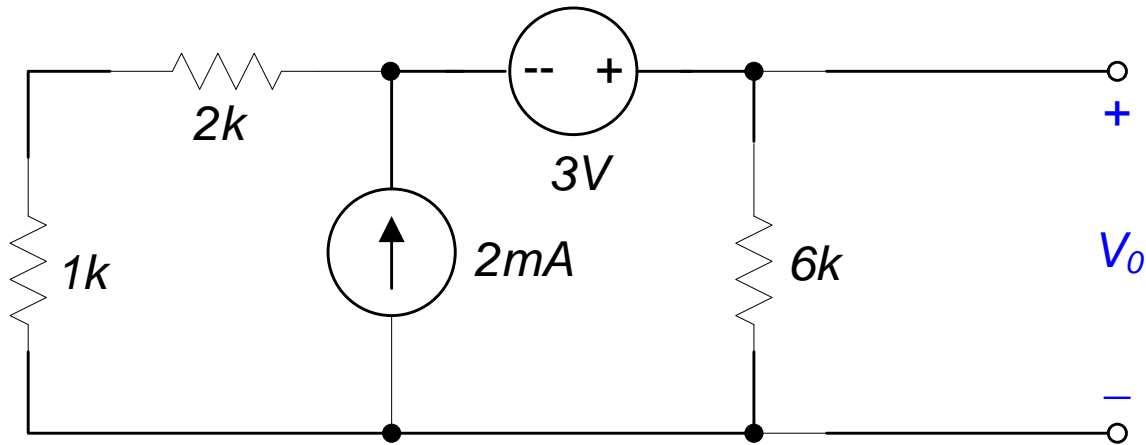
Kaynak Dönüşümü Analizi

Örnek-1. (devamı)

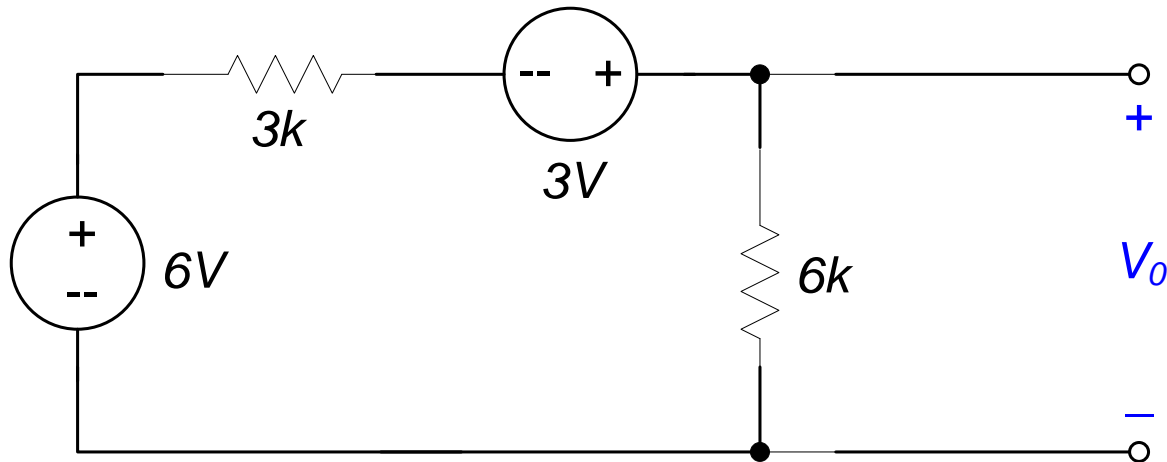


Tek düğüm çiftli devre olduğundan,
akım bölüşümü kuralı uygulanabilir.

Örnek-2. V_0 gerilimini bulunuz

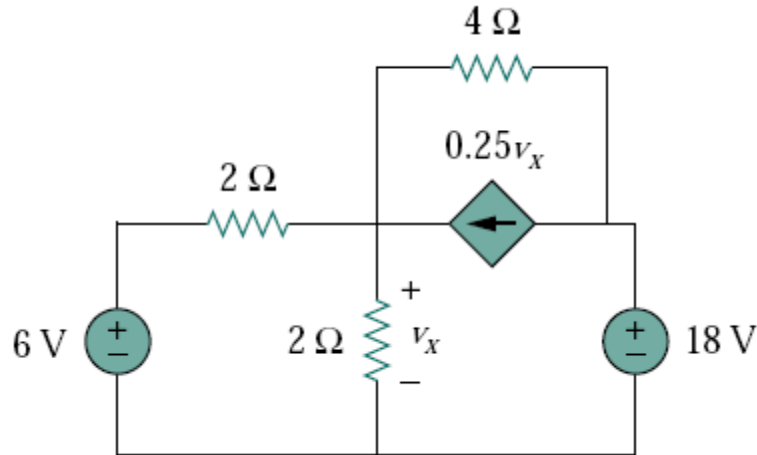


Kaynak dönüşümü yapılır ve gerilim bölüşümü ile V_0 bulunur

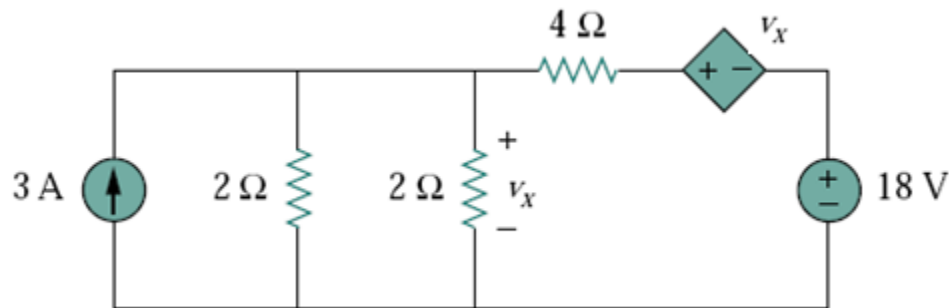


$$V_0 = 9 \left(\frac{6k}{3k + 6k} \right) = 6v$$

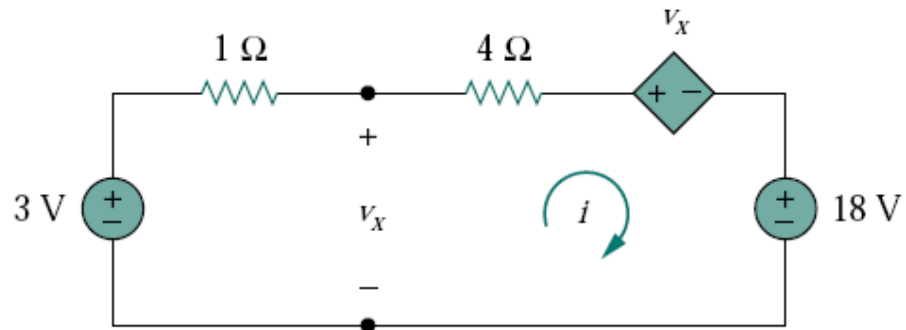
Örnek-3. Şekildeki devrede V_x değerini kaynak dönüşümü ile bulunuz



1.Adım



2.Adım



$$-3 + 5i + v_x + 18 = 0$$

$$-3 + 1i + v_x = 0 \quad \Rightarrow \quad v_x = 3 - i$$

Çevre denklemi yeniden düzenlendiğinde

$$15 + 5i + 3 - i = 0 \quad \Rightarrow \quad i = -4.5 \text{ A}$$

$$v_x = 3 - i = 7.5 \text{ V.}$$

DOĞRUSALLIK

Kullanılan modeller doğrusaldır.

Matematiksel olarak bunlar, süperpozisyon ilkesini yerine getirirler.

MODEL $y = Tu$ DOGRUSALDIR EGER

$T(\alpha_1 u_1 + \alpha_2 u_2) = \alpha_1 T u_1 + \alpha_2 T u_2$ ISE.

(muhtemel bütün u_1, u_2 giriş çiftleri

ve muhtemel bütün α_1, α_2 katsayılar için)

Doğrusallık tanımı, süperpozisyon ilkesini ikiye böler.

$y = Tu$ DOGRUSALDIR,

EGER;

1. $T(u_1 + u_2) = T u_1 + T u_2$, $\forall u_1, u_2$ toplams allik

2. $T(\alpha u) = \alpha T u$, $\forall \alpha, \forall u$ carpimsall ik

DOĞRUSALLIK

Doğrusallık, toplanabilirlik ve çarpımsallık ilkelerinin bir arada olmasını gerektirir.

Bir direnç elemanına

$i_1(t)$ akımı uygulanırsa; $v_1(t) = R i_1(t)$

$i_2(t)$ akımı uygulandığında; $v_2(t) = R i_2(t)$

Eğer, $i_1(t)+i_2(t)$ akımı uygulanırsa,

$$v(t) = R [i_1(t) + i_2(t)] = R i_1(t) + R i_2(t) = v_1(t) + v_2(t)$$

Bu durum, toplanabilirlik özelliğini gösterir.

Ayrıca, akım sabit bir K_1 değeri ile çarpılırsa, gerilim de K_1 sabit değeri ile çarpılır.

$$R K_1 i(t) = K_1 R i(t) = K_1 v(t)$$

Bu durum ise çarpımsallık özelliğini gösterir.

Doğrusallık devrenin birçok açıdan kullanışlılığını sağlar:

- *Superposizyon*: her kaynağın ayrı ayrı devreye etkisi hesaba katılır.
- *Eşdeğer devreler*: her devre eşdeğer kaynak ve direnç şeklinde gösterilebilir. (Thevenin ve Norton teoremleri).

DOĞRUSALLIK

- Konu olarak analiz metotlarından daha önemlidir, akım/gerilim değerlerinin toplamsallığına ve çarpımsallığına izin verir.
- Örnek olarak ($V = R I$):

➤ Eğer akım KI ise, yeni gerilim

$$R (KI) = KV$$

➤ Eğer akım $I_1 + I_2$ ise, yeni gerilim

$$R(I_1 + I_2) = RI_1 + RI_2 = V_1 + V_2$$

DOĞRUSALLIK

Dirençli devreler için düğüm analizi kullanılarak,

$A\mathbf{v} = \mathbf{f}$ biçiminde modeller elde edilir.

\mathbf{v} tüm düğüm gerilimlerini içeren bir vektör ve \mathbf{f} bağımsız kaynaklara bağlı olan bir vektördür.

Aslında, model aşağıdaki gibi daha ayrıntılı ifade denebilir.

$$A\mathbf{v} = B\mathbf{s}$$

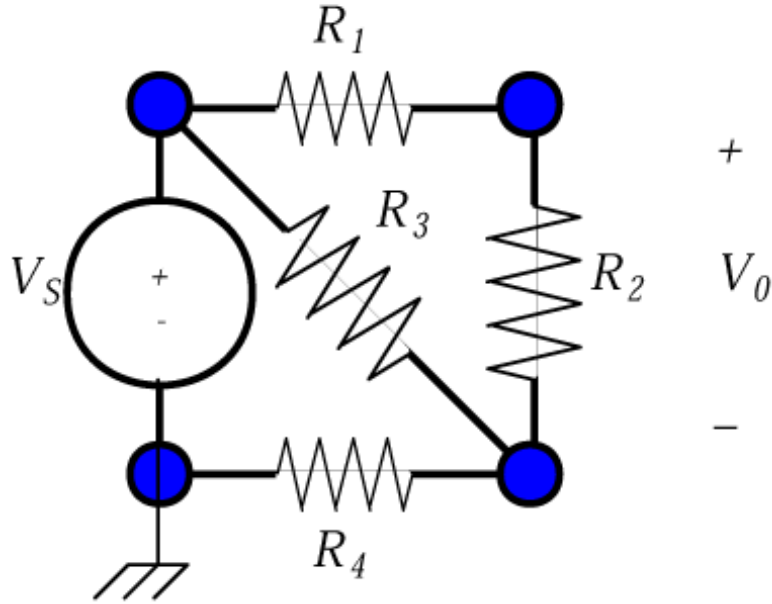
Burada, A , B , matrislerdir ve \mathbf{s} , bağımsız tüm kaynakların bir vektörüdür.

Devre analizi için doğrusallık varsayımını, özel analiz teknikleri geliştirmek için kullanabiliriz.

ÖNCE MEVCUT TEKNİKLERİ BİR GÖZDEN GEÇİRELİM

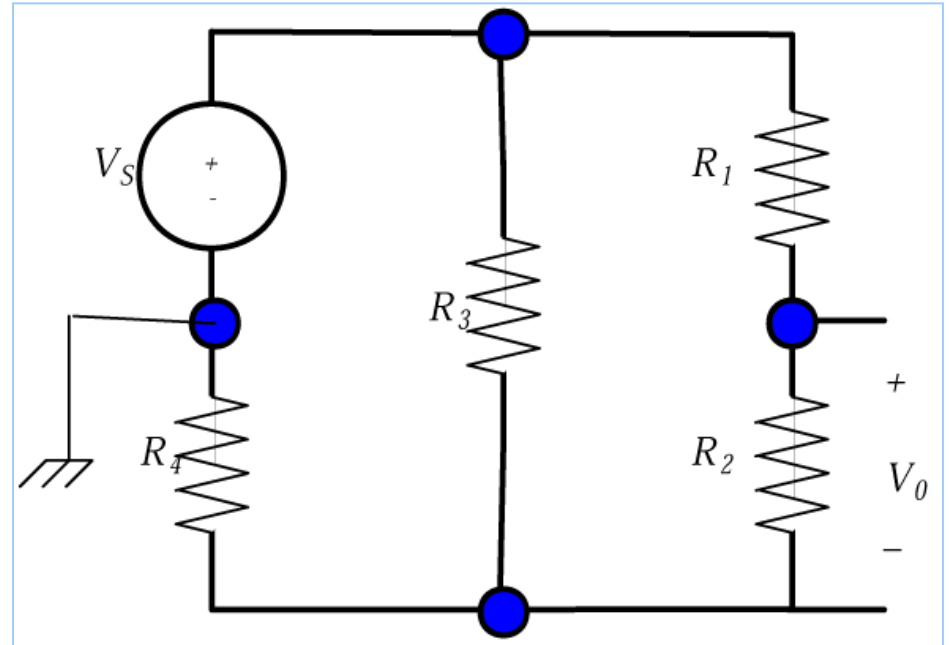
GEÇMİŞ TEKNİKLERİ GÖZDEN GEÇİRMEK İÇİN BİR ÖRNEK

V_0 'I BULUN

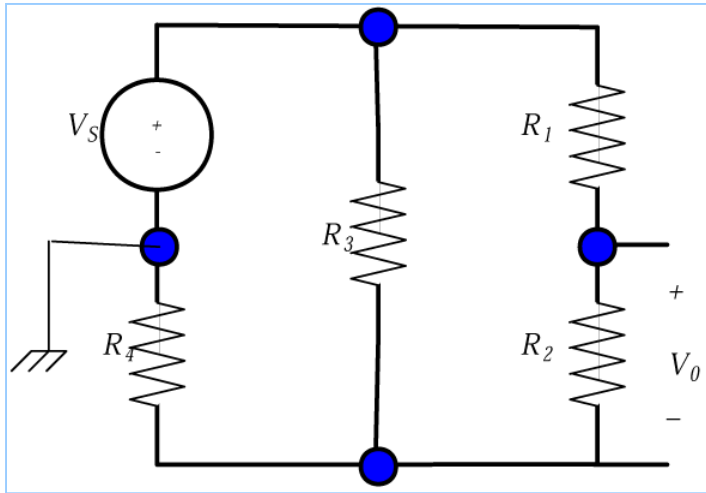


MEVCUT ÇÖZÜM TEKNİKLERİ?

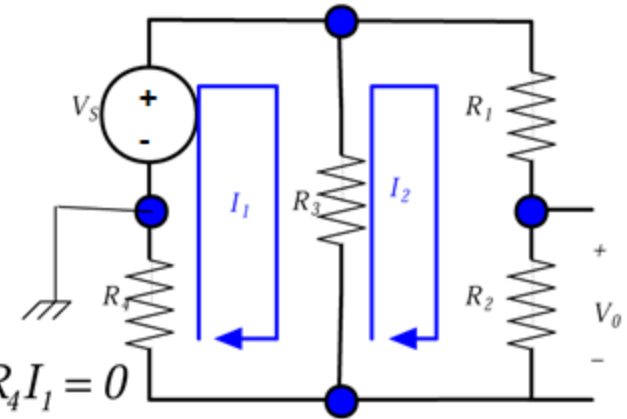
Devrenin yeniden çizilmesi, özel durumların tanınmasında bize yardımcı olabilir



V₀'I BULUN



ÇEVRE ANALİZİ

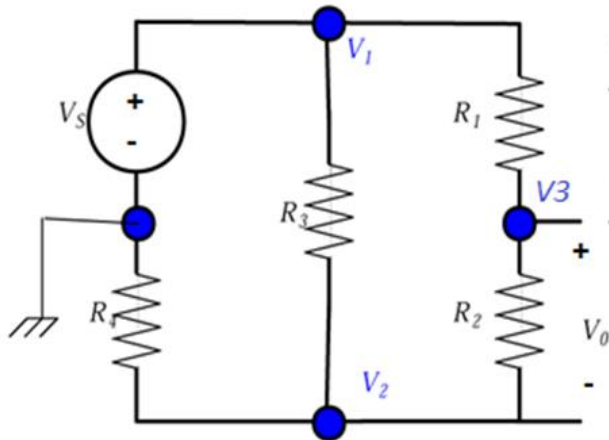


$$-V_S + R_3(I_1 - I_2) + R_4 I_1 = 0$$

$$R_3(I_2 - I_1) + (R_1 + R_2)I_2 = 0$$

$$V_0 = R_2 I_2$$

DÜĞÜM ANALİZİ



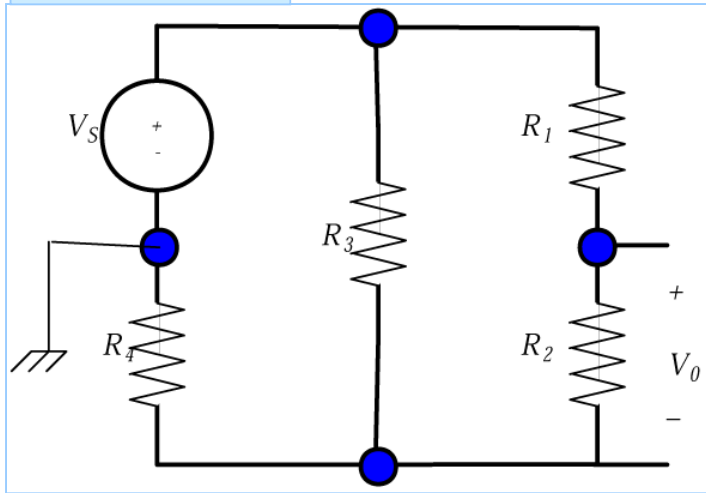
$$V_1 = V_S$$

$$\frac{V_2 - V_1}{R_3} + \frac{V_2}{R_4} + \frac{V_2 - V_3}{R_2} = 0$$

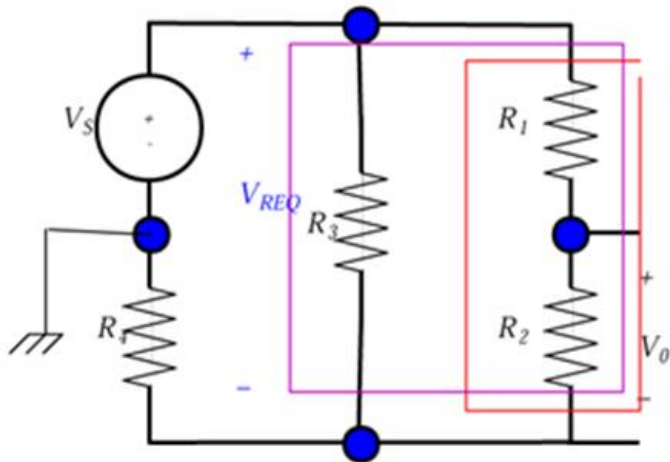
$$\frac{V_3 - V_2}{R_2} + \frac{V_3 - V_1}{R_1} = 0$$

$$V_0 = V_3 - V_2$$

V₀'I BULUN



SERİ/PARALEL DİRENÇ BİRLEŞTİRME



$$R_{EQ} = \frac{R_3(R_1 + R_2)}{R_1 + R_2 + R_3}$$

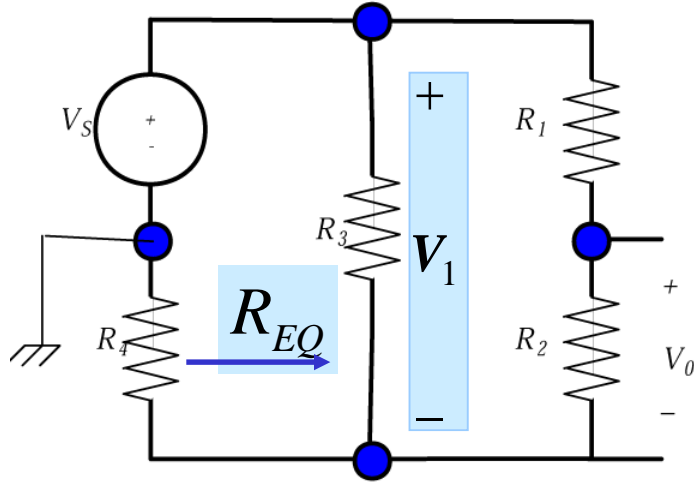
$$R_{EQ} = R_3 \parallel (R_1 + R_2)$$

$$V_{REQ} = \frac{R_{EQ}}{R_{EQ} + R_4} V_S$$

GERİLİM BÖLÜŞÜMÜ

$$V_0 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{REQ}$$

ÇARPIMSALLIĞI KULLANARAK ÇÖZÜM



**Cevabın bilinmekte olduğunu varsayalım.
Girişleri kolay bir şekilde hesaplayabilir miyiz ?**

Vo verilirse, V1 ters gerilim bölücü ile hesaplanabilir

$$V_1 = \frac{R_1 + R_2}{R_2} V_0$$

... ve Vs ikinci bir ters gerilim bölücü ile hesaplanır.

$$V_S = \frac{R_4 + R_{EQ}}{R_{EQ}} V_1 = \frac{R_4 + R_{EQ}}{R_{EQ}} \frac{R_1 + R_2}{R_2} V_0$$

Vo değişkenini şimdi çözün

ÇARPIMSALLIĞI KULLANARAK ÇÖZÜM

İşlem tamamen algoritmik yapılabilir

1. V_0 'a keyfi bir değer verin (örn. $V_0 = 1$)

2. Kaynak değerini hesaplayın ve V'_s diye adlandırın

3. Doğrusallığı kullanın.

$$V'_s \rightarrow V_0 \Rightarrow kV'_s \rightarrow kV_0, \forall k$$

4. Verilen kaynak değeri (V_s),

$$k = \frac{V_s}{V'_s}$$

'ye karşılık gelir.

Dolayısıyla istenen çıkış değeri,

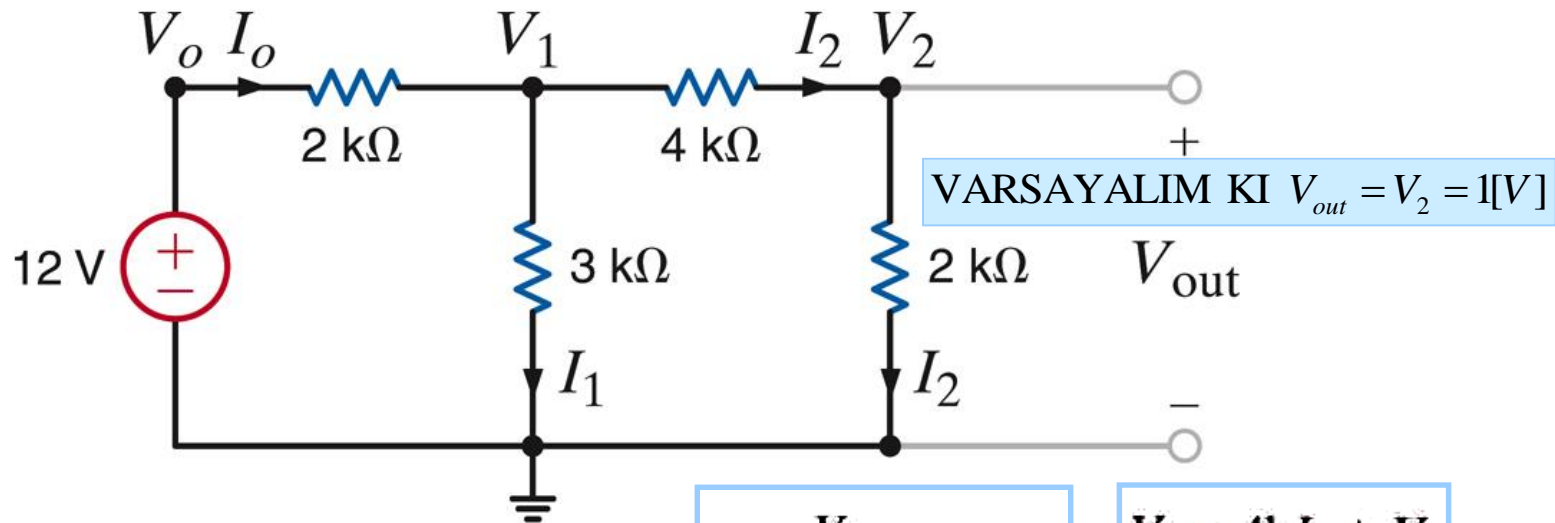
$$V_0 = kV'_0 = \frac{V_s}{V'_s} V'_0$$

Bu özel problemler için kullanışlı bir araçtır.

Normalde tek bir kaynak olduğu zaman, problemin geriye doğru çözülmesi aslında daha kolaydır.

ÇARPIMSALLIĞI KULLANARAK ÇÖZÜN

V_{out} 'ı bulun



$$I_2 = \frac{V_2}{2k} = 0.5 \text{ mA}$$

$$V_1 = 4kI_2 + V_2 = 3 \text{ V}$$

$$I_1 = \frac{V_1}{3k} = 1 \text{ mA}$$

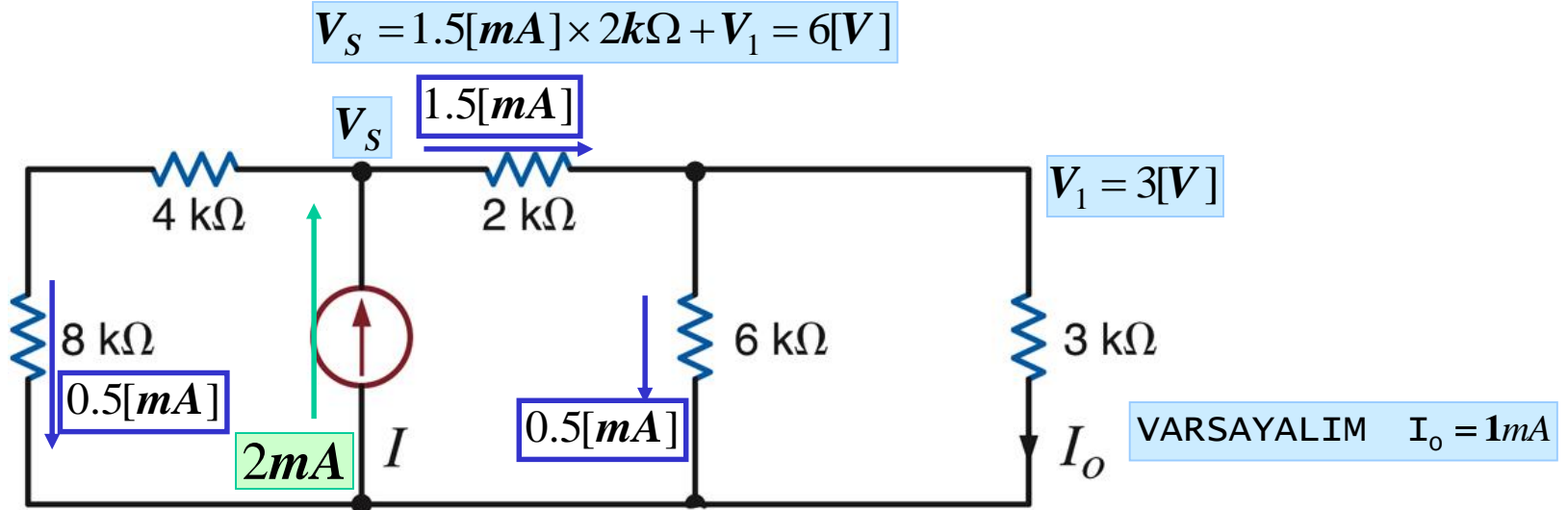
$$I_o = I_1 + I_2 = 1.5 \text{ mA}$$

$$V_o = 2kI_o + V_1 = 6 \text{ V}$$

ŞİMDİ ÇARPIMSALLIĞI KULLANALIM

$$V_o = 6[V] \rightarrow V_{out} = 1[V]$$

$$V_o = 12[V] \rightarrow V_{out} = 2[V]$$

ÖRNEK**ÇARPIMSALLIĞI KULLANARAK I_o 'BULUN, $I=6mA$** **ÇARPIMSALLIĞI KULLANIN**

$$I = 2mA \rightarrow I_o = 1mA$$

$$I = 6mA \rightarrow I_o = \underline{\hspace{2cm}}$$

KAYNAK SÜPERPOZİSYONU

Bu teknik doğrusallığın doğrudan uygulamasıdır

“Birçok bağımsız kaynak içeren herhangi bir doğrusal devrede, devrenin herhangi bir noktasındaki gerilim ve akım her kaynağın tek başına etkilerinin cebirsel toplamı olarak hesaplanabilir.”

Devrede yalnızca birkaç kaynak olduğunda kullanışlıdır.

Süperpozisyon İşlem Basamakları

1. Her bağımsız gerilim ve akım kaynağı için:
 - a) diğer bağımsız gerilim kaynakları kısa devre edilir.
(i.e., $V = 0$).
 - b) diğer bağımsız akım kaynakları açık devre edilir.
(i.e., $I = 0$).

Not:Bağımlı kaynaklara dokunulmaz!

 - c)Bu gerilim veya akım kaynağının hesaplanacak değişkene ne kadar etki yaptığı hesaplanır.
2. Her bağımsız kaynağın yaptığı etki cebirsel olarak toplanır.

Diğer bağımsız kaynaklar sıfırlanarak, seçilmiş bağımsız kaynağın devreye yaptığı katkı bulunmaktadır.

Gerilim kaynağı \Rightarrow Kısa devre.

Akım Kaynağı \Rightarrow Açık devre.

DAHA KOLAY AÇIKLAMAK İÇİN,
SADECE İKİ KAYNAKTAN OLUŞAN BİR DEVRE
KULLANIYORUZ

Doğrusalıktan dolayı

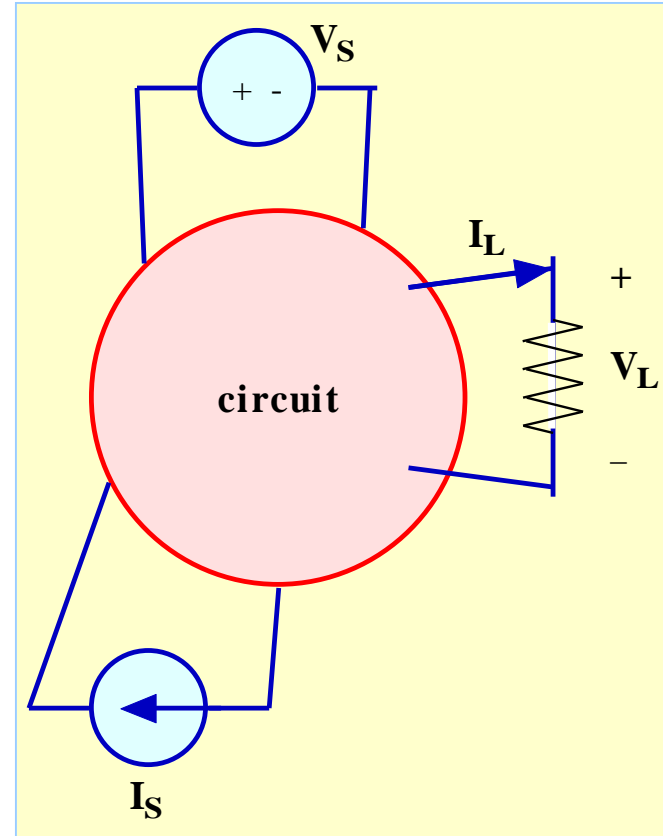
$$V_L = a_1 V_S + a_2 I_S$$

V_S 'NİN KATKISI

V_L^1

I_S 'NİN KATKISI

V_L^2



V_L^1

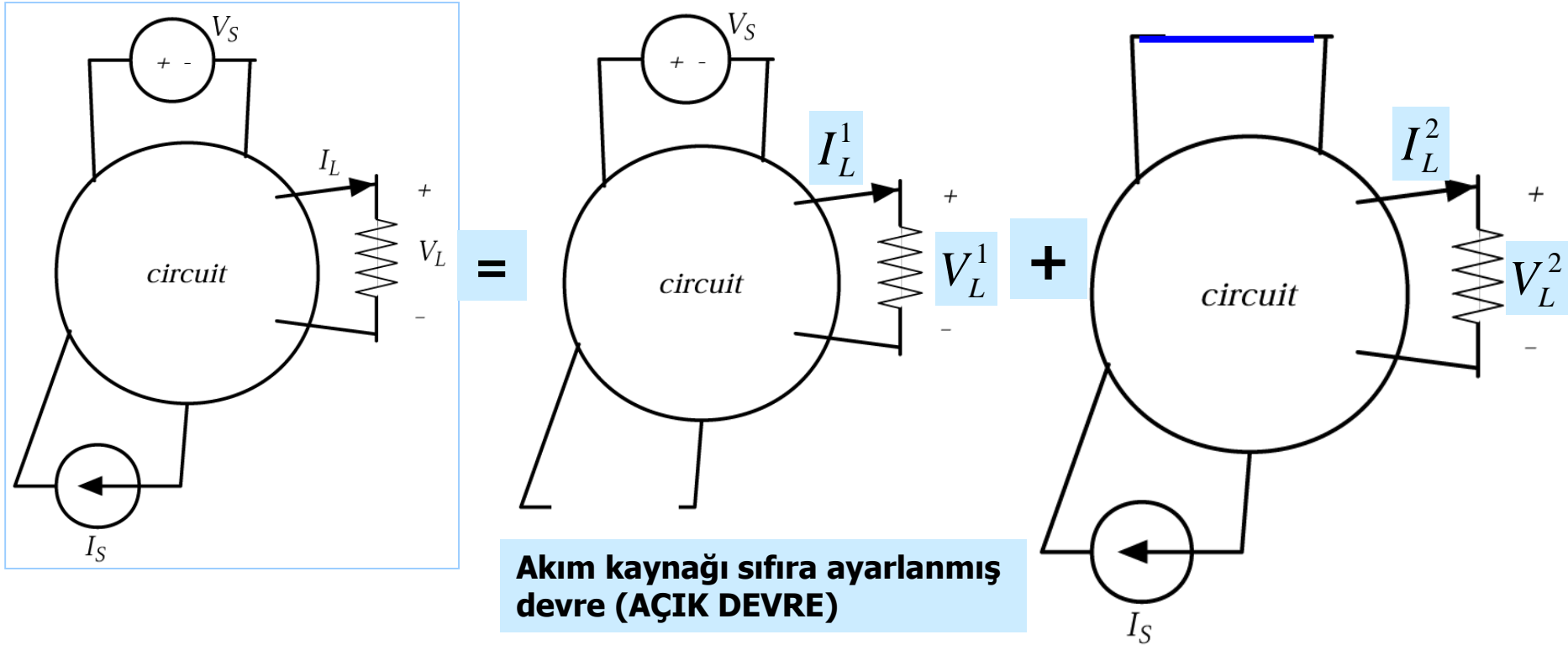
Akım kaynağını sıfıra ayarlayıp devreyi
çözerek hesaplanabilir

V_L^2

Gerilim kaynağını sıfıra ayarlayıp devreyi
çözerek hesaplanabilir

KAYNAK SÜPERPOZİSYONU

Gerilim kaynağı sıfıra ayarlanmış devre (KISA DEVRE EDİLMİŞ)



Akım kaynağı sıfıra ayarlanmış devre (AÇIK DEVRE)

Modellerin doğrusallığından dolayı

$$I_L = I_L^1 + I_L^2$$

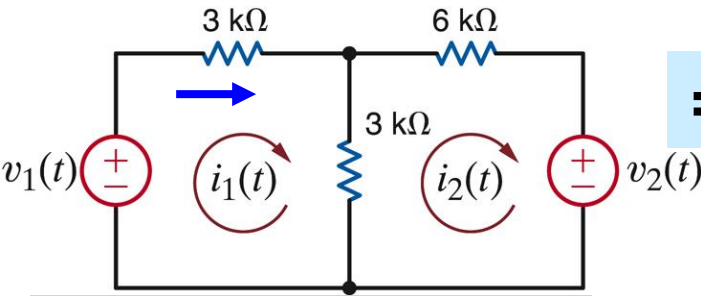
$$V_L = V_L^1 + V_L^2$$

Kaynak Süperpozisyonu prensibi

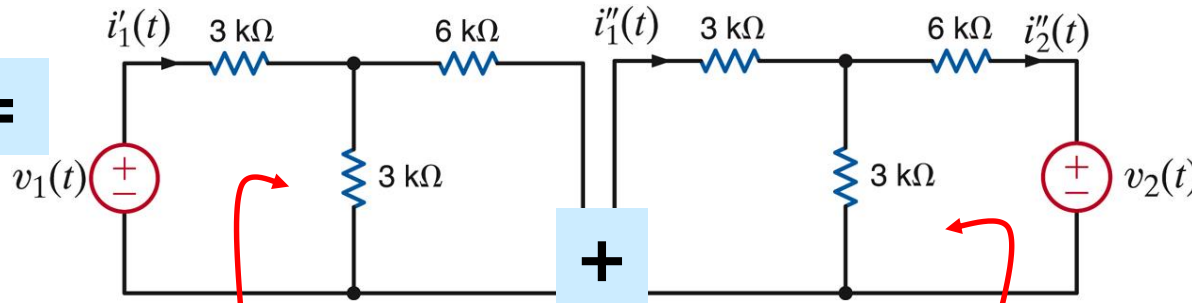
Tek kaynaklı iki devrenin çözülmesi, iki kaynaklı tek devrenin çözülmesinden daha basit veya daha uygun olursa, bu yaklaşım kullanışlı olacaktır.

ÖRNEK

i_1 Akımını hesaplayınız



=



$$6ki_1(t) - 3ki_2(t) = v_1(t)$$

$$-3ki_1(t) + 9ki_2(t) = -v_2(t)$$

Çevre denklemleri

$$R_{eq} = 3 + 3 \parallel 6 [k]$$

$$R_{eq} = 6 + (3 \parallel 3) [k]$$

$$i_1'(t) = \frac{v_1(t)}{3k + \frac{(3k)(6k)}{3k + 6k}}$$

$$= \frac{v_1(t)}{5k}$$

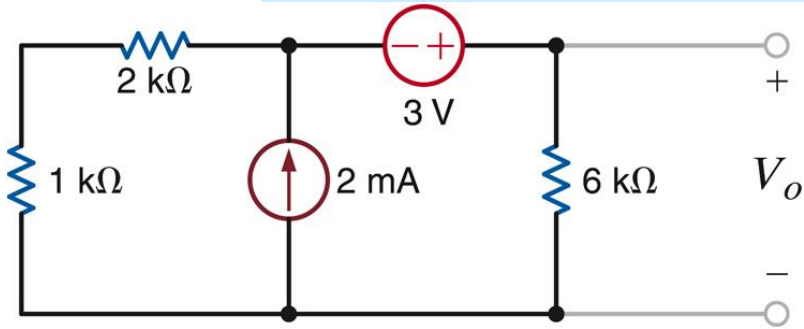
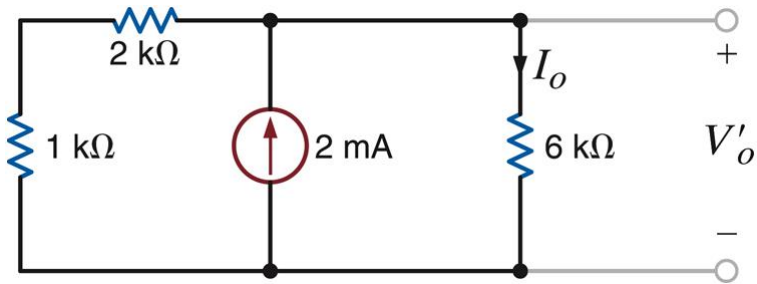
v1'in etkisi

$$i_2'' = \frac{v_2}{R_{eq}}$$

$$i_1''(t) = \frac{-2v_2(t)}{15k} \left(\frac{3k}{3k + 3k} \right)$$

$$= \frac{-v_2(t)}{15k}$$

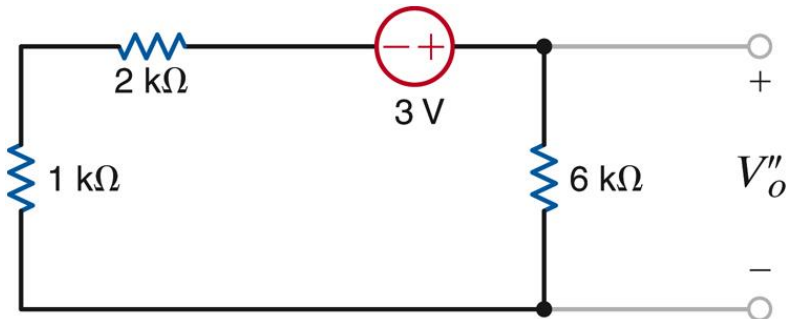
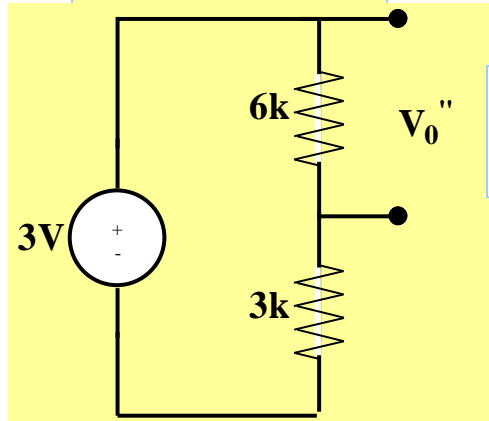
v2'nin etkisi

ÖRNEK V_0 'ı superpozisyon ile bulunuz**Gerilim kaynağı sıfıra ayarlanır**

$$I_0 = (2 \times 10^{-3}) \left(\frac{1k + 2k}{1k + 2k + 6k} \right)$$

Akım bölüşümü

$$V'_0 = I_0(6k) = 4 V$$

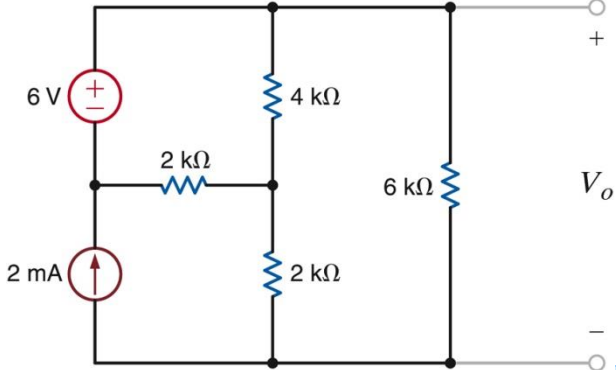
Ohm' kanunu**Akım kaynağı sıfıra ayarlanır****Gerilim Bölücü**

$$V''_0 = 3 \left(\frac{6k}{1k + 2k + 6k} \right) = 2[V]$$

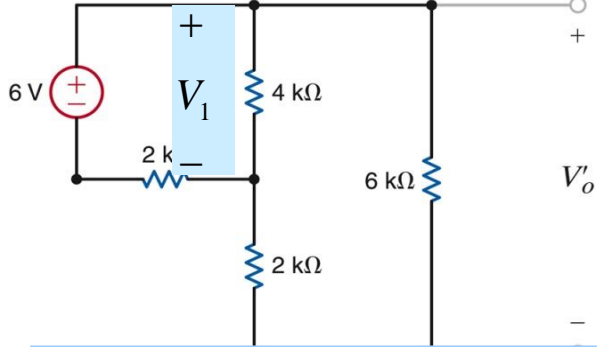
$$V_0 = V'_0 + V''_0 = 6[V]$$

ÖRNEK

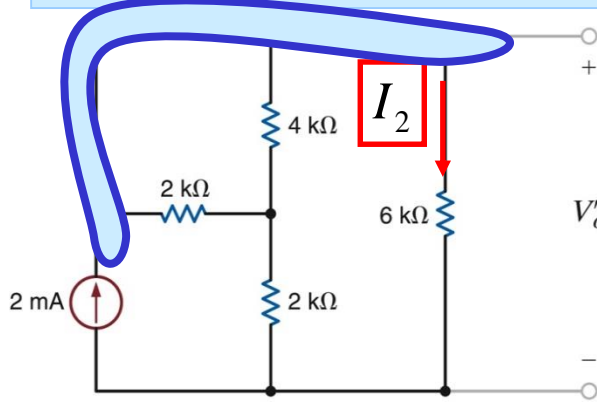
V_o 'ı superpozisyon ile bulunuz



Akım kaynağı açık devre yapılır



Gerilim kaynağı kısa devre yapılır

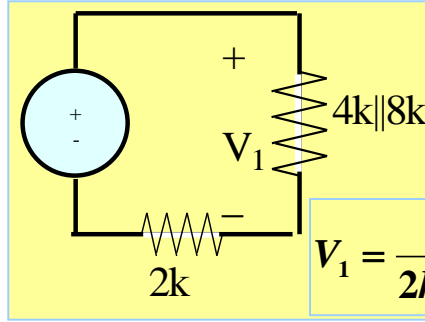


Devreyi yeniden çizebilirsiniz

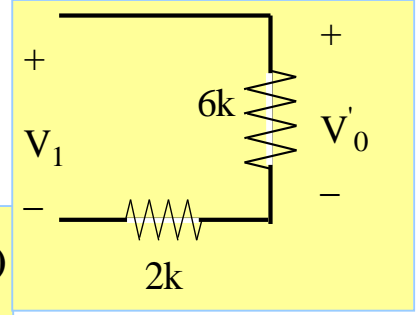
Herbir devreyi ayrı ayrı çözmeliyiz

Eğer V_1 biliniyorsa, V'_o gerilim bölücü ile elde edilir

V_1 direnç birleştirme ve gerilim bölücü ile elde edilebilir

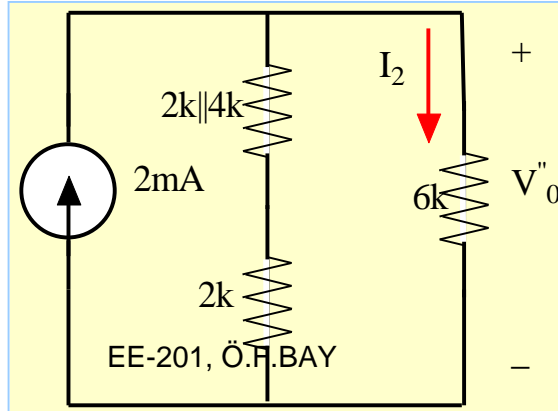


$$V_1 = \frac{(8/3)k}{2k + (8/3)k} (6)$$



$$V'_o = \frac{6k}{6k + 2k} V_1 = \frac{18}{7} [V]$$

**I_2 akımı akım bölücü ile elde edilebilir
Ve V''_o Ohm kanunu ile bulunabilir**

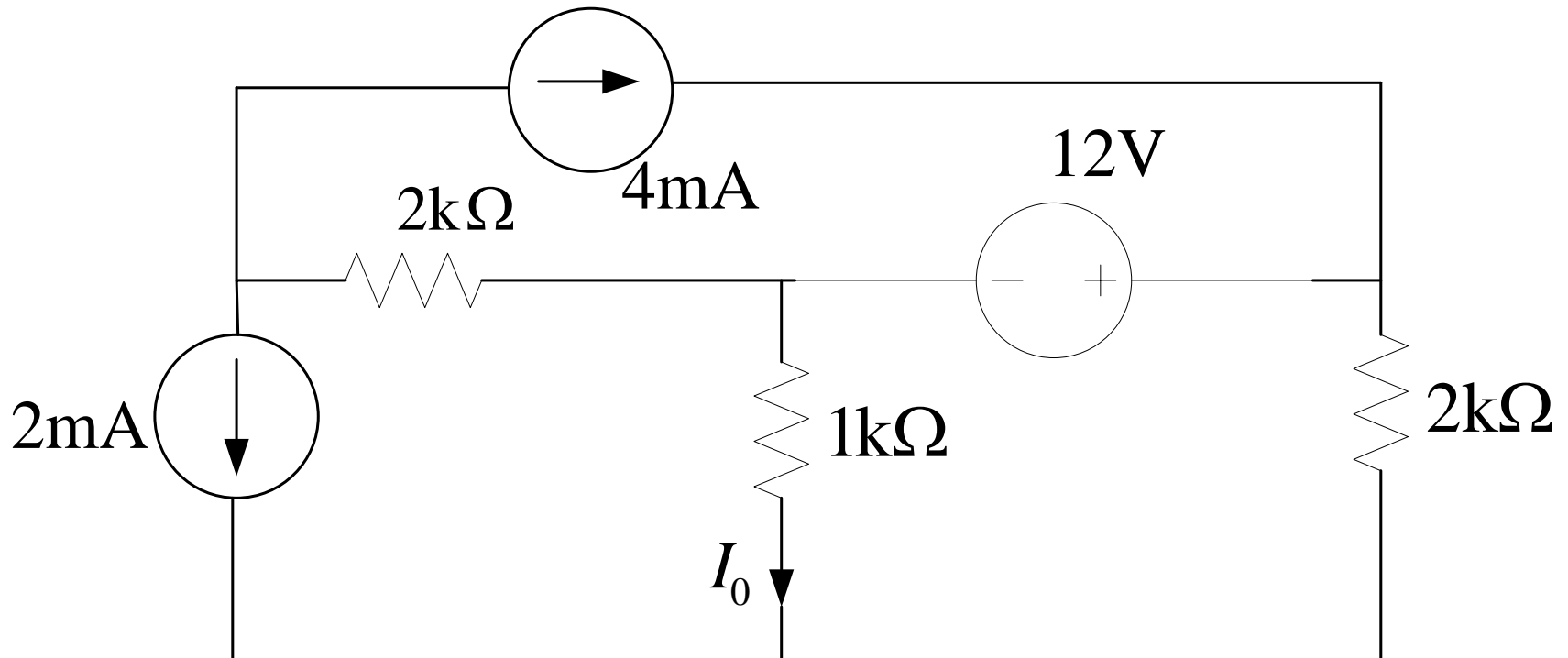


$$I_2 = \frac{2k + (2k \parallel 4k)}{2k + 6k + (2k \parallel 4k)} (2)mA$$

$$V''_o = 6kI_2 = \frac{30}{7} \text{ volt}$$

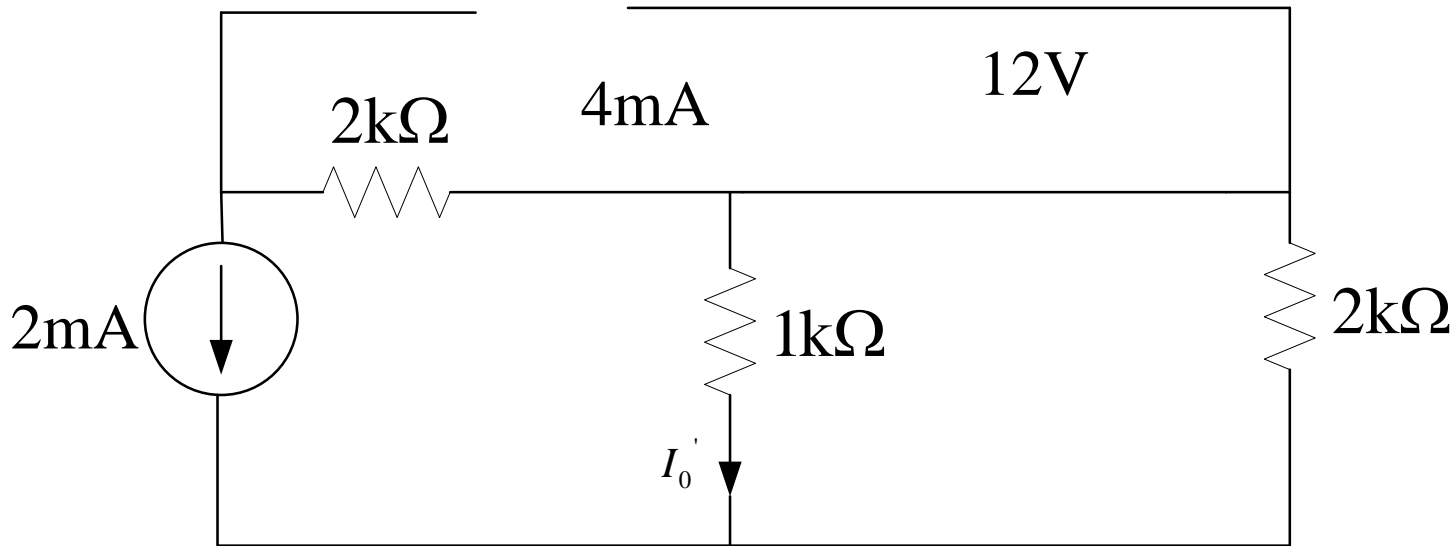
$$V_o = V'_o + V''_o = \frac{48}{7} \text{ volt}$$

Örnek-2. I_0 'ı Süperpozisyon analizi ile bulunuz



Örnek-2. (devamı)

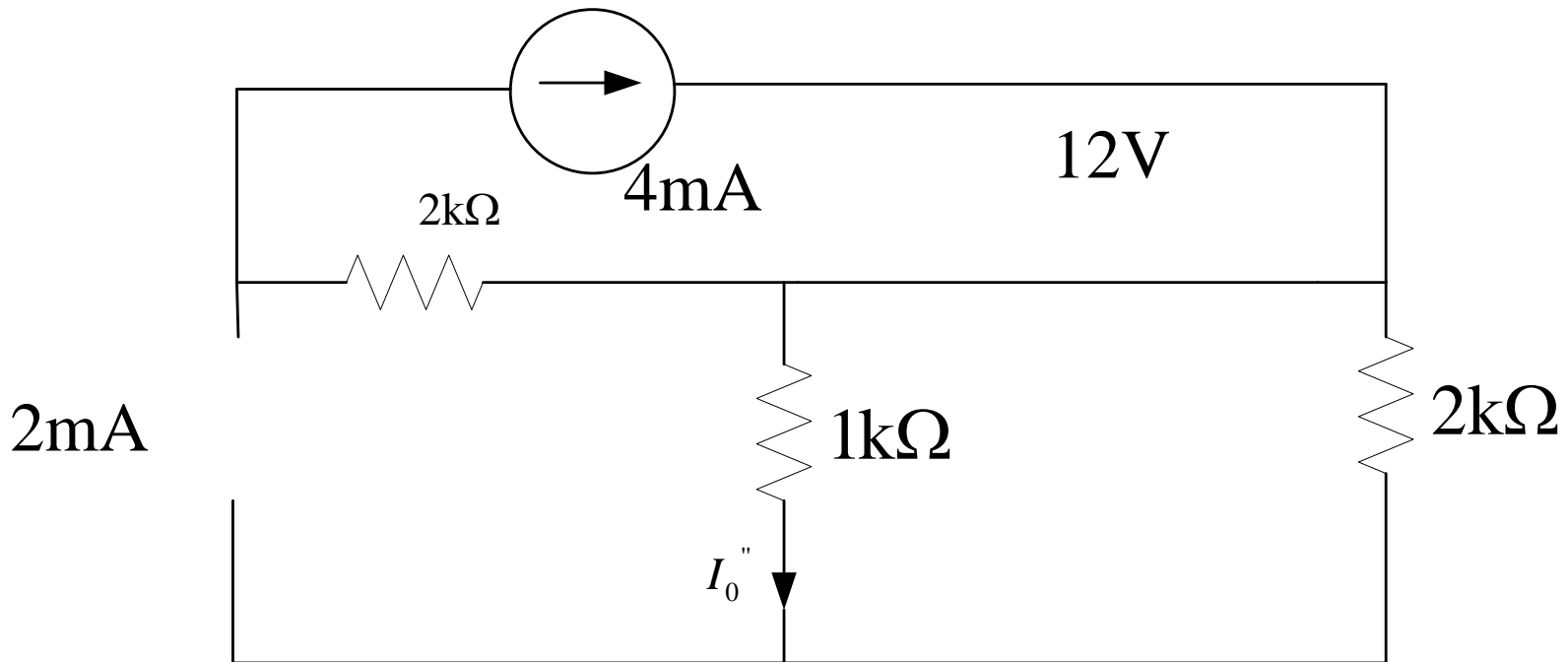
2mA lik kaynağın etkisi



$$I'_0 = -4/3 \text{ mA}$$

Örnek-2. (devamı)

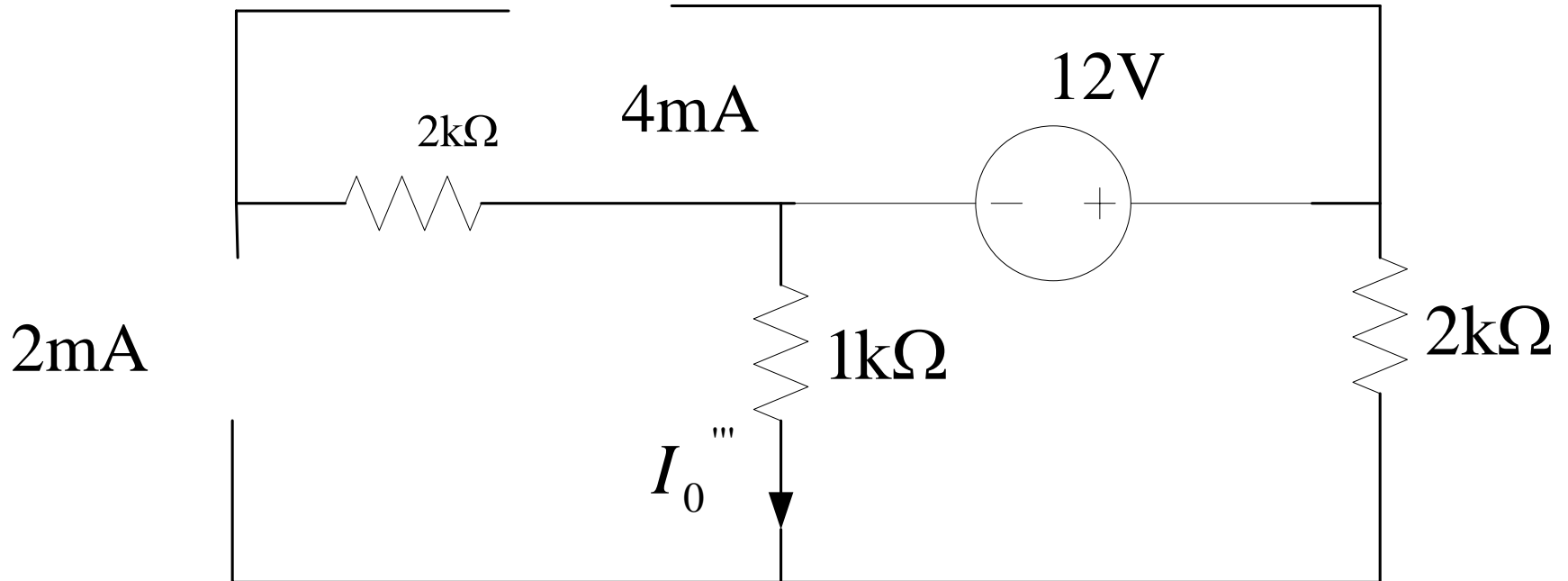
4mA lik kaynağın etkisi



$$I_0'' = 0$$

Örnek-2. (devamı)

12 V luk kaynağın etkisi



$$I_0''' = -4 \text{ mA}$$

Örnek-2. (devamı)

Sonuç

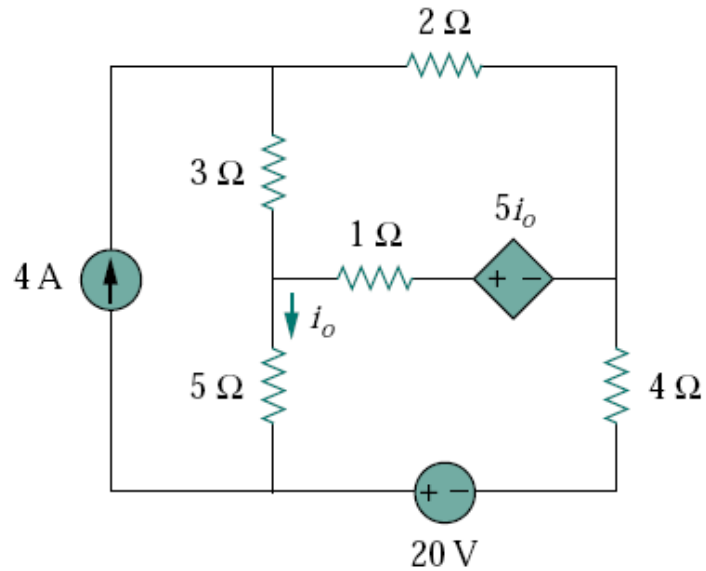
$$I_0' = -4/3 \text{ mA}$$

$$I_0'' = 0$$

$$I_0''' = -4 \text{ mA}$$

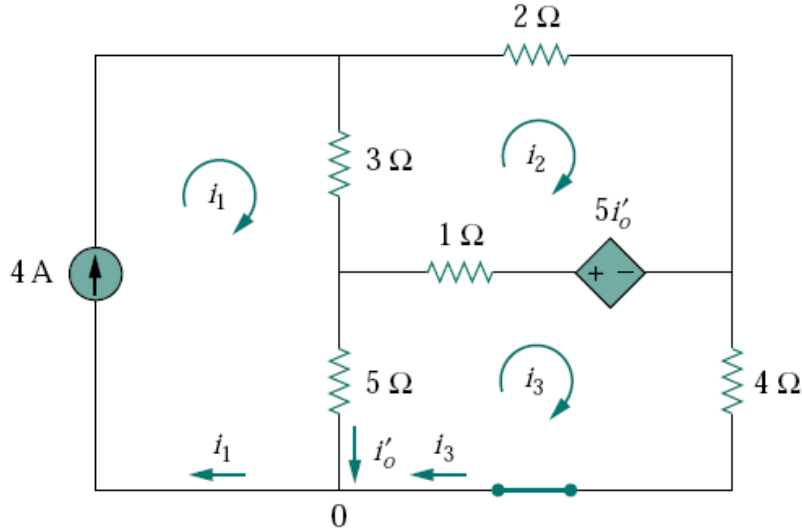
$$I_0 = I_0' + I_0'' + I_0''' = -16/3 \text{ mA}$$

Örnek-3. i_o akımını süperpozisyon ile bulunuz



Örnek-3. (devamı)

1.Adım



$$i_1 = 4 \text{ A}$$

$$-3i_1 + 6i_2 - 1i_3 - 5i'_o = 0$$

$$-5i_1 - 1i_2 + 10i_3 + 5i'_o = 0$$

$$i_3 = i_1 - i'_o = 4 - i'_o$$

Denklemler düzenlendiğinde;

$$3i_2 - 2i'_o = 8$$

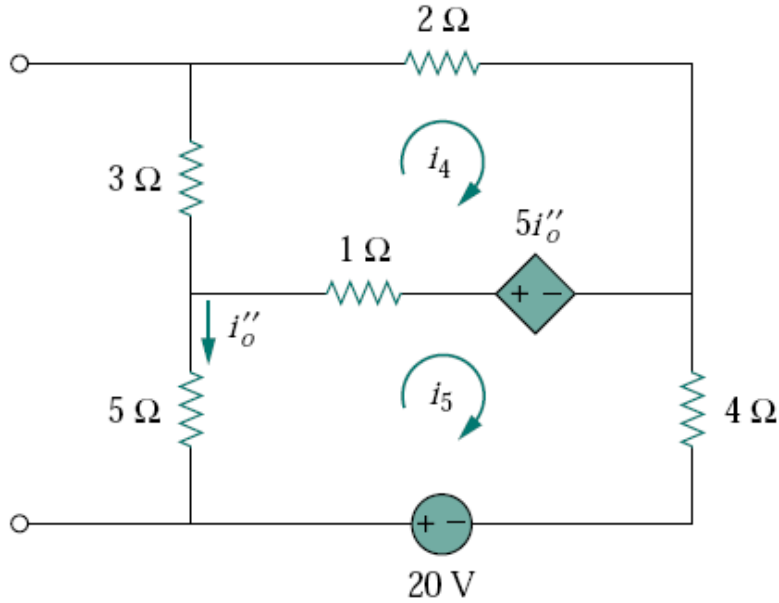
$$i_2 + 5i'_o = 20$$

Denklemler çözüldüğünde;

$$i'_o = \frac{52}{17} \text{ A}$$

Örnek-3. (devamı)

2. Adım



$$6i_4 - i_5 - 5i''_o = 0$$

$$-i_4 + 10i_5 - 20 + 5i''_o = 0$$

$$i_5 = -i''_o.$$

Denklemler düzenlendiğinde;

$$6i_4 - 4i''_o = 0$$

$$i_4 + 5i''_o = -20$$

Sonuç;

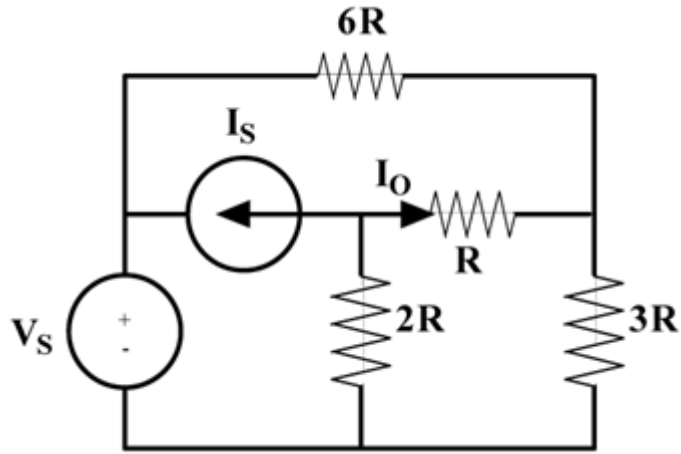
$$i_o = i'_o + i''_o$$

$$i_o = -\frac{8}{17} = -0.4706 \text{ A}$$

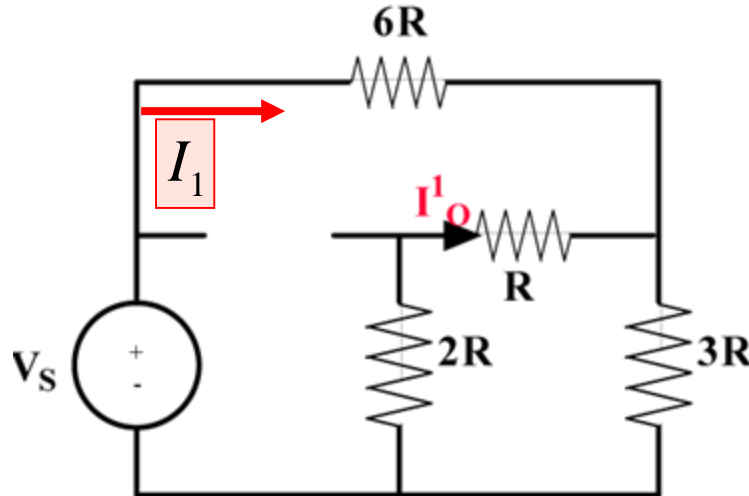
Denklemler çözüldüğünde;

$$i''_o = -\frac{60}{17} \text{ A}$$

Örnek: I_o akımını Süperpozisyon ile bulunuz



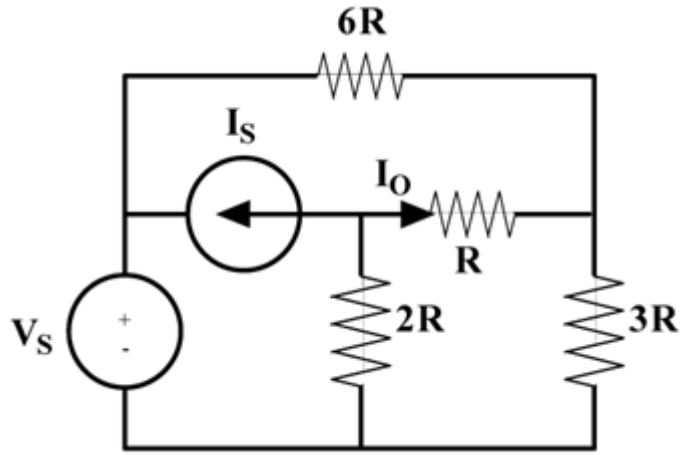
1. adım: Akım kaynağını açık devre yapın



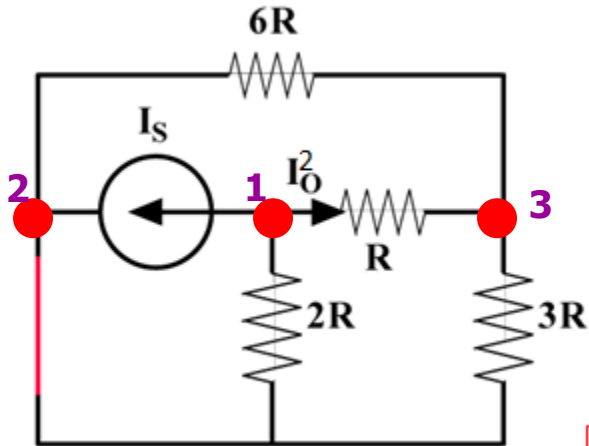
$$I_1 = \frac{V_S}{6R + (3R \parallel 3R)}$$

$$I_o^1 = -\frac{I_1}{2}$$

Örnek: I_o akımını Süperpozisyon ile bulunuz



2. adım: Gerilim kaynağını kısa devre yapın

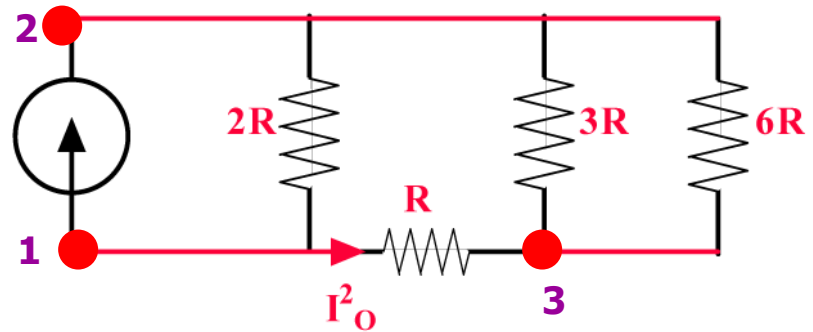


Akım bölücü kullanın

$$I_o^2 = -\frac{2R}{2R + R + (3R \parallel 6R)} I_s$$

$$I_o^2 = -\frac{2}{5} I_s$$

Devreyi yeniden çizin

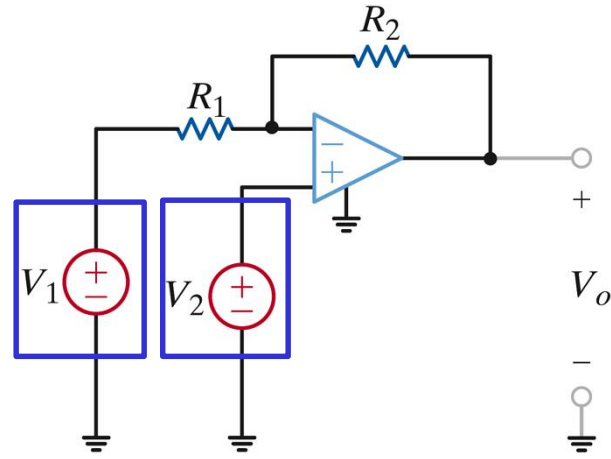


$$I_o = I_o^1 + I_o^2$$

$$I_o = -\frac{V_s}{15R} - \frac{2}{5} I_s$$

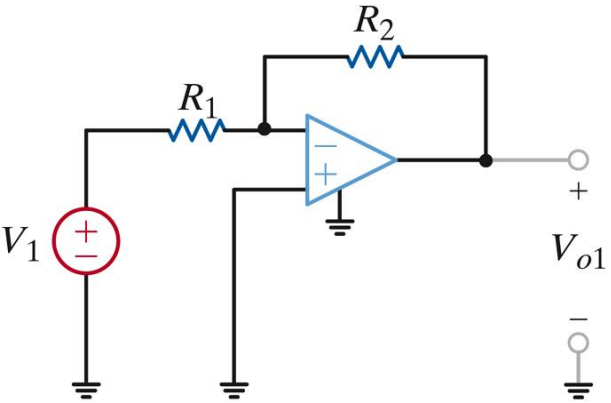
OP-AMP'LI DEVRELERE SÜPERPOZİSYONUN UYGULANMASI

İKİ TANE KAYNAK. İKİ ADIMDA ANALİZ EDECEĞİZ



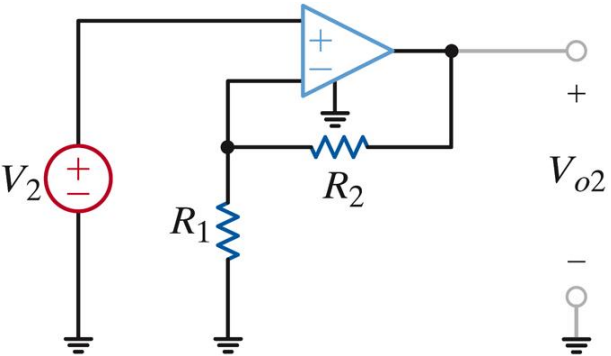
V1'İN KATKISI.
Temel evirici devre

$$V_{o1} = -\frac{R_2}{R_1}V_1$$



Süperpozisyon prensibi

$$V_o = V_{o1} + V_{o2} = -\frac{R_2}{R_1}V_1 + \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)V_2$$



V2'NİN KATKISI.
Temel evirmeyen devre

$$V_{o2} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)V_2$$

Daha açık bir görüntü için
devre yeniden çizilmiştir

Çalışma Soruları

- Çalışma Sorusu
- Çalışma Sorusu