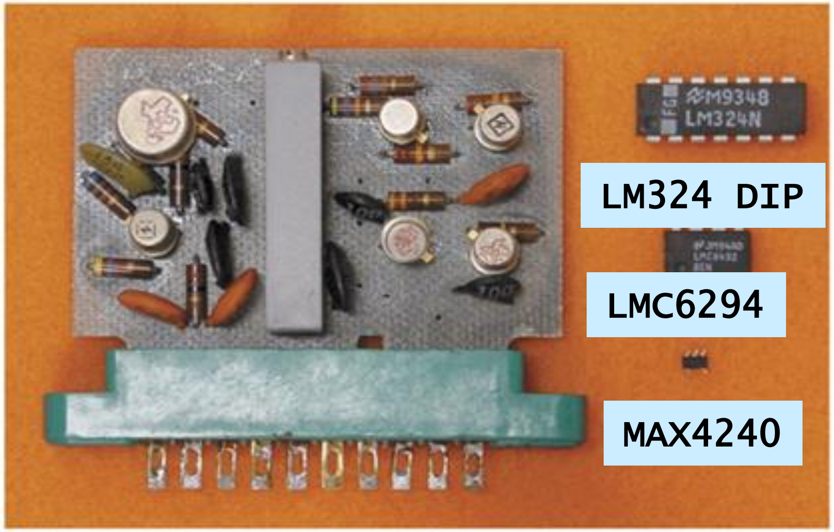
İŞLEMSEL YÜKSELTEÇLER (OP-AMP)

Niçin işlemsel yükselteçleri burada inceliyoruz???

1. İşlemsel yükselteçler çok kullanışlı elektronik devre elemanlarıdırlar

2. İşlemsel yükselteçlerin doğrusal modelleri bağımlı kaynaklar içerirler

3. İşlemsel yükselteçleri kullanarak pratik devreleri analiz etmeye yönelik araçları zaten öğrendik.

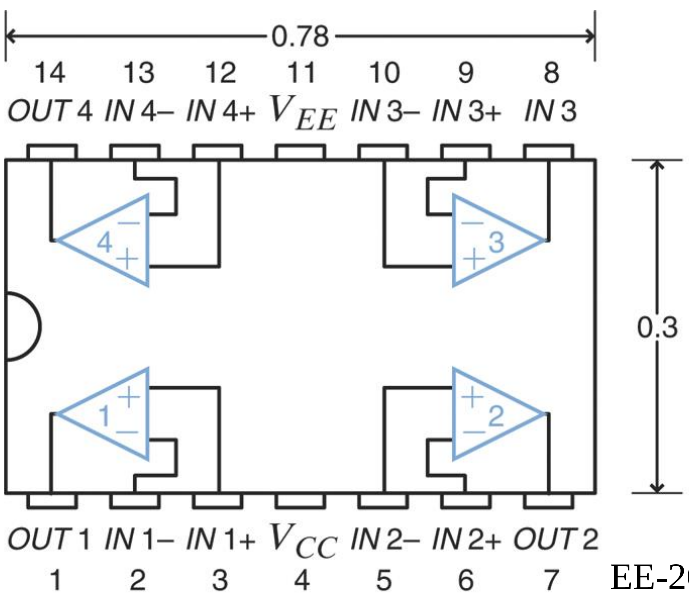


(a)

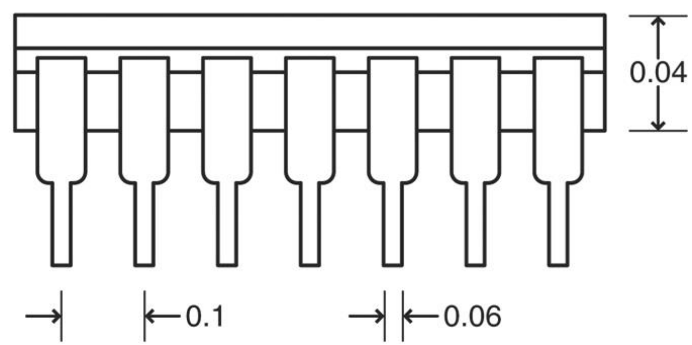
(b)

Baskı devre üzerine montajı yapılmış İşlemsel yükselteçler

APEX PA03

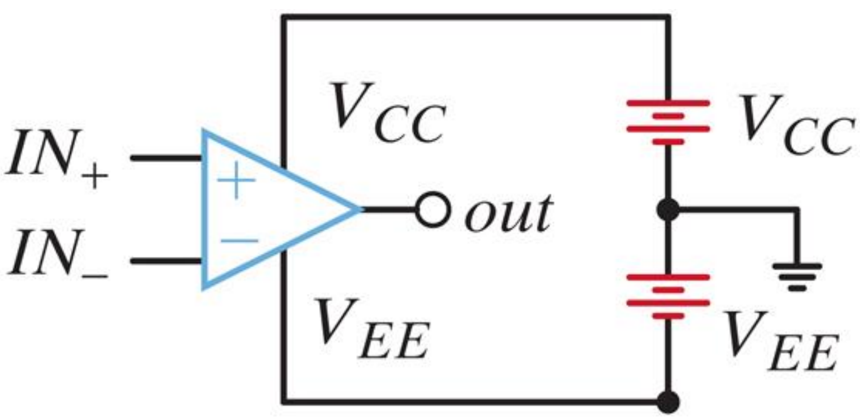


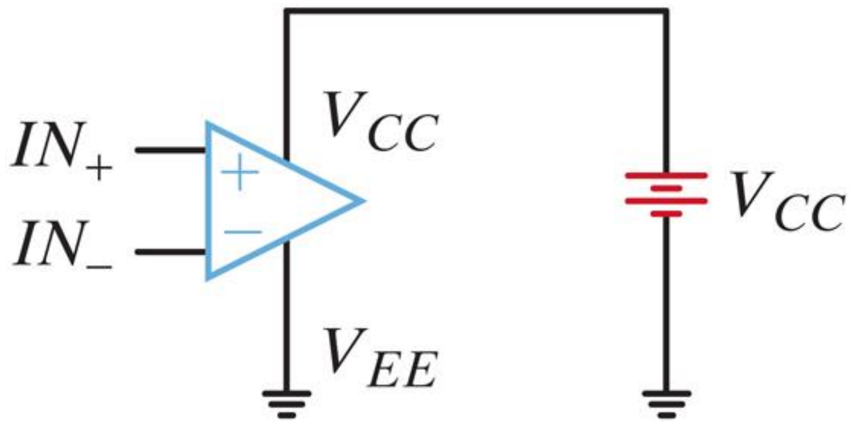
LM324'ün bacakları (a)



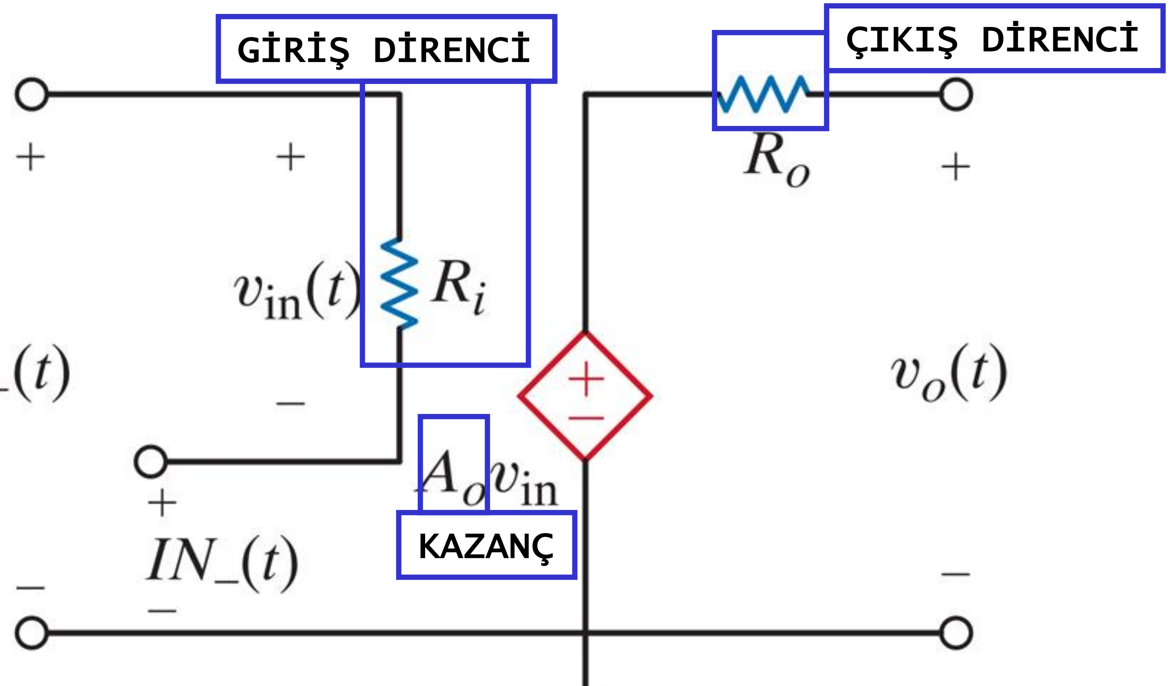
(b) LM 324'ün boyutsal gösterimi

BİR İŞLEMSEL YÜKSELTECİN DEVRE SEMBOLÜ (güç kaynakları bağlantısı ile birlikte)





DOĞRUSAL MODEL



TİPİK DEĞERLER

$\boldsymbol{R_i}$: $10^5\Omega - 10^{12}\Omega$

$\boldsymbol{R_O}$: $1\Omega - 50\Omega$

$\boldsymbol{A}$: $10^5 - 10^7$

İŞLEMSEL YÜKSELTEÇLİ DEVRELER

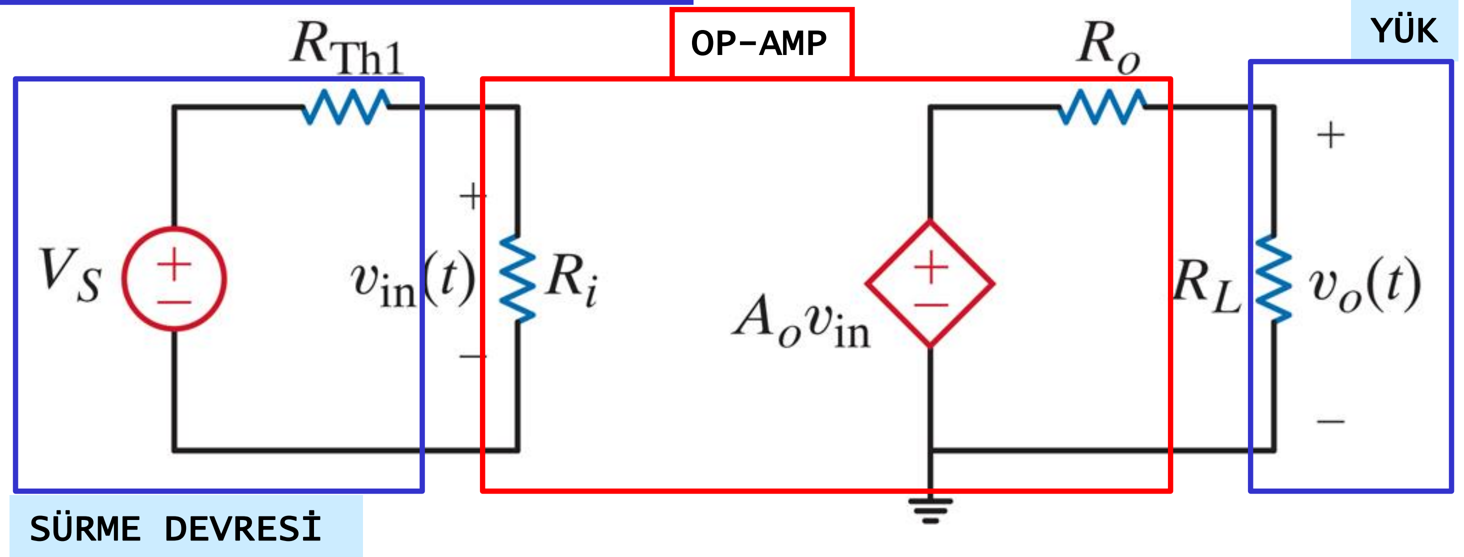
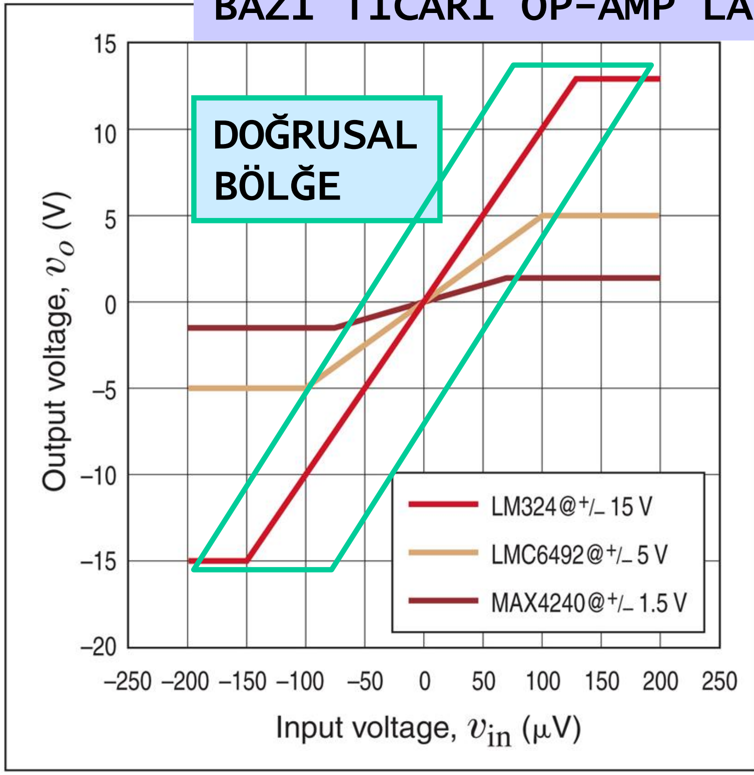


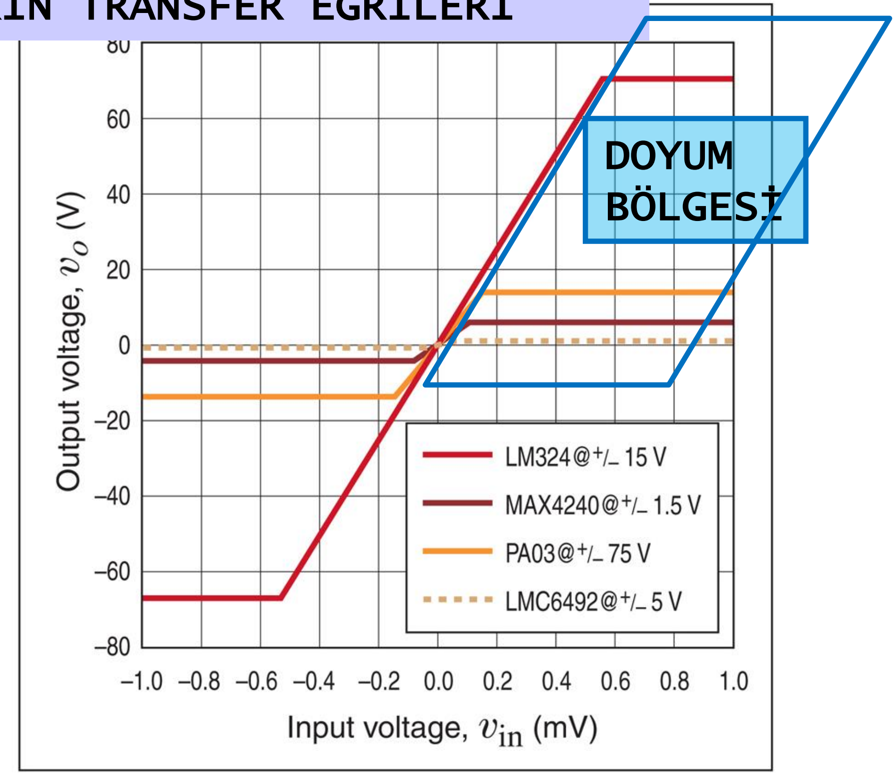
TABLE 4.1 A list of commercial op-amps and their model values

MANUFACTURER	PART NO.	A_0(V/V)	R_i(MΩ)	R_0 (Ω)	COMMENTS
National	LM324	100,000	1.0	20	General purpose, up to ±16 V supplies, very inexpensive
National	LMC6492	50,000	10^7	150	Low voltage, rail-to-rail inputs and outputs†
Maxim	MAX4240	20,000	45	160	Micro-power (1.8 V supply @ 10 μA), rail-to-rail inputs and outputs
Apex	PA03	125,000	10^5	2	High-voltage, ± 75 V and high-output current capability, 30 A. That's 2 kW!

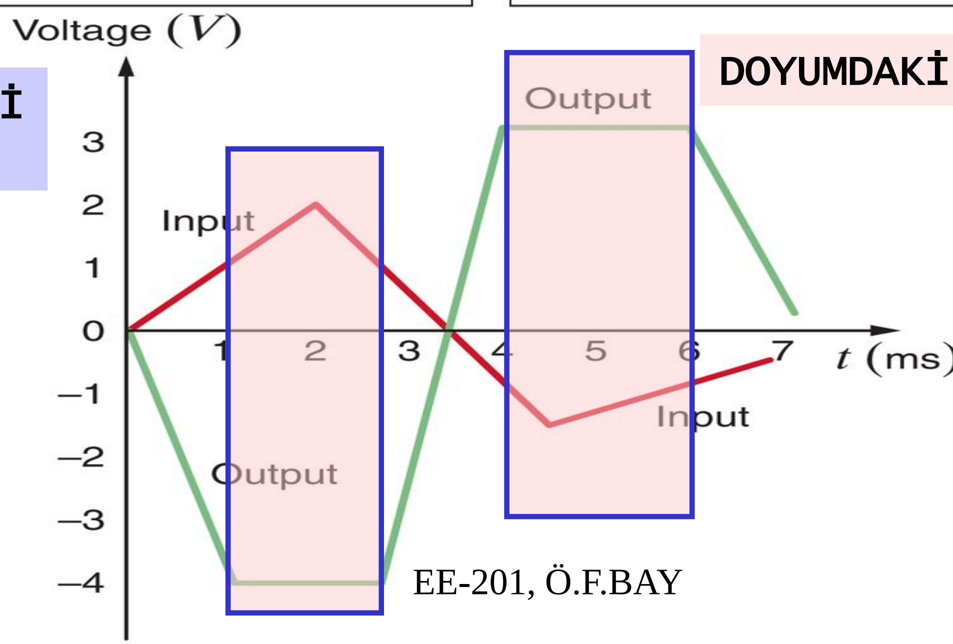
†Rail-to-rail is a trademark of Motorola Corporation. This feature is discussed further in the following paragraphs.

BAZI TİCARİ OP-AMP'LARIN TRANSFER EĞRİLERİ



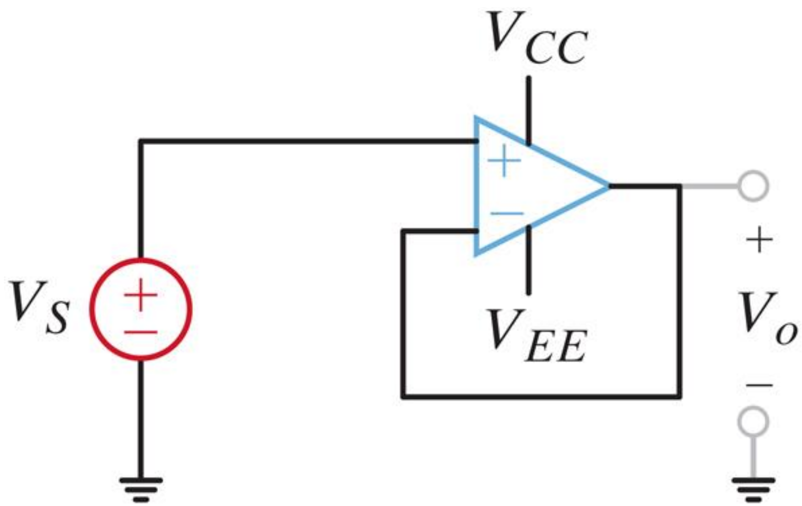


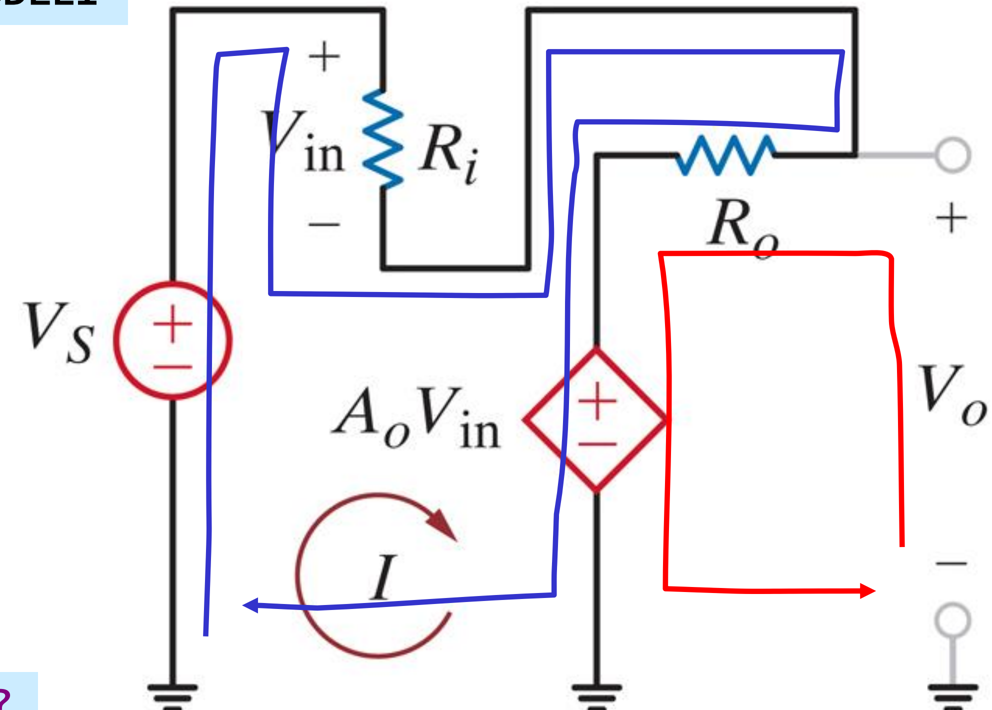
DOYUM BÖLGESİNİ BELİRLEYİN



DOYUMDAKİ OP-AMP

BİRİM KAZANÇLI TAMPON DEVRESİ VE MODELİ





NEDEN BİRİM KAZANÇLI TAMPON?

TABLE 4.2 Unity gain buffer performance for the op-amps listed in Table 4.1

OP-AMP	BUFFER GAIN	V_{in}(mV)	I(pA)
LM324	0.999990	9.9999	9.9998
LMC6492	0.999980	19.999	1.9999×10^{-6}
MAX4240	0.999950	49.998	1.1111
PA03	0.999992	7.9999	7.9999×10^{-5}

$$\boxed{\text{KGK}: -V_s + R_iI + R_OI + A_OV_{in} = 0}$$

$$\boxed{\text{KGK}: -V_{out} + R_OI + A_OV_{in} = 0}$$

$$\text{KONTROL DEGISKENI}: V_{in} = R_iI$$

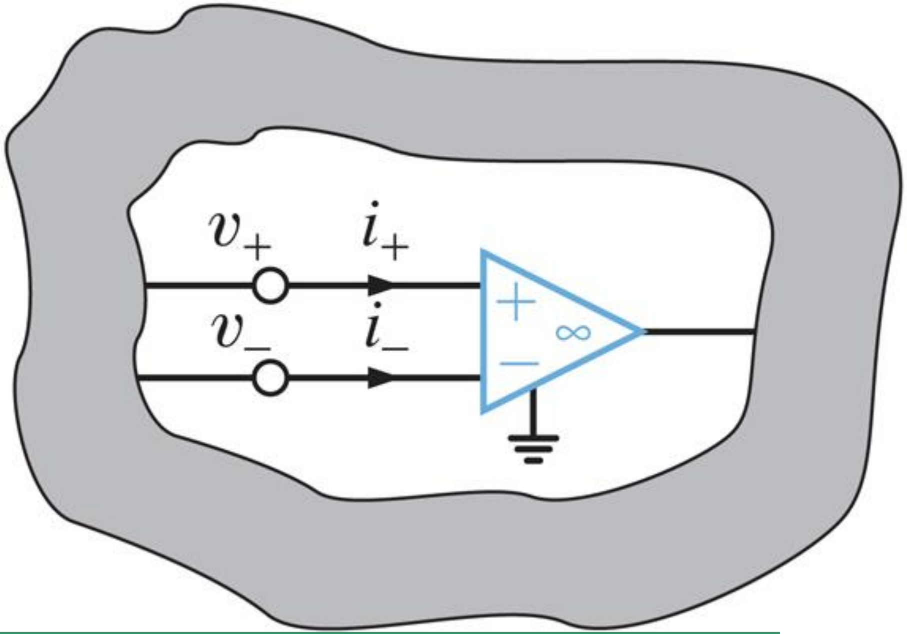
TAMPON KAZANCI

ÇÖZÜM

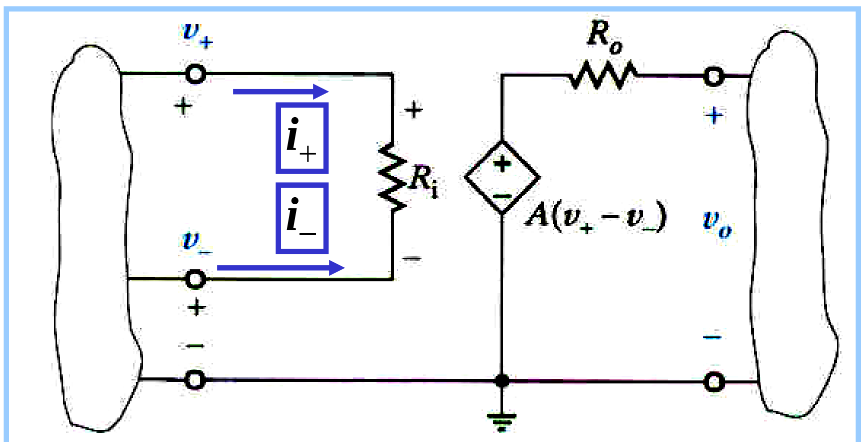
$$\frac{V_{out}}{V_s} = \frac{1}{1 + \dfrac{R_i}{R_O + A_OR_i}}$$

$$A_O \to \infty \Rightarrow \frac{V_{out}}{V_S} \to 1$$

İDEAL İŞLEMSEL YÜKSELTEÇ



IDEAL DURUMDA $\Rightarrow \boldsymbol{R_O} = 0,\ \boldsymbol{R_i} = \infty,\ \boldsymbol{A} = \infty$

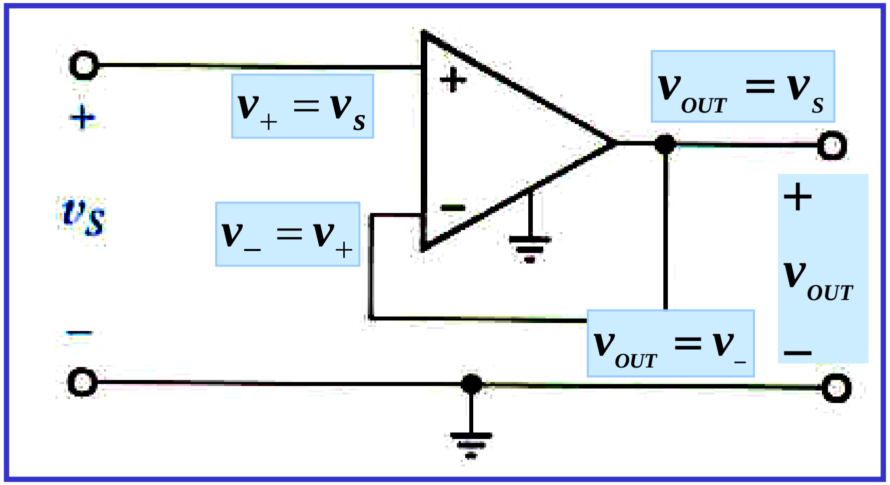


$\boldsymbol{R_O} = 0 \Rightarrow \boldsymbol{v_O} = \boldsymbol{A}(\boldsymbol{v_+} - \boldsymbol{v_-})$

$\boldsymbol{R_i} = \infty \Rightarrow$ $i_+ = i_- = 0$

$\boldsymbol{A} = \infty \Rightarrow$ $v_+ = v_-$

BİRİM KAZANÇLI TAMPON – IDEAL OP-AMP VARSAYIMI



$$\Rightarrow \frac{v_{OUT}}{v_S} = 1$$

DOĞRUSAL ANCAK İDEAL OLMAYAN OP-AMP MODELİ KULLANILDIĞINDA

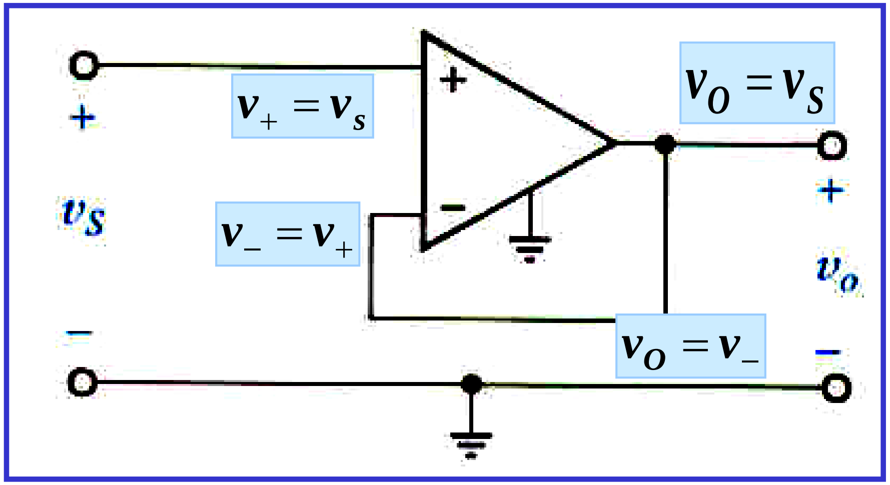
$$\frac{V_{out}}{V_s} = \frac{1}{1 + \dfrac{R_i}{R_O + A_O R_i}}$$

GERÇEK OP-AMP'IN PERFORMANSI

Op-Amp	TAMPON KAZANCI
LM324	0,99999
LMC6492	0,99998
MAX4240	0,99995

İDEAL OP-AMP VARSAYIMI MÜKEMMEL BİR YAKLAŞIM SAĞLAR!

GERİLİM İZLEYİCİ VEYA BİRİM KAZANÇLI TAMPON NİÇİN KULLANILIR?

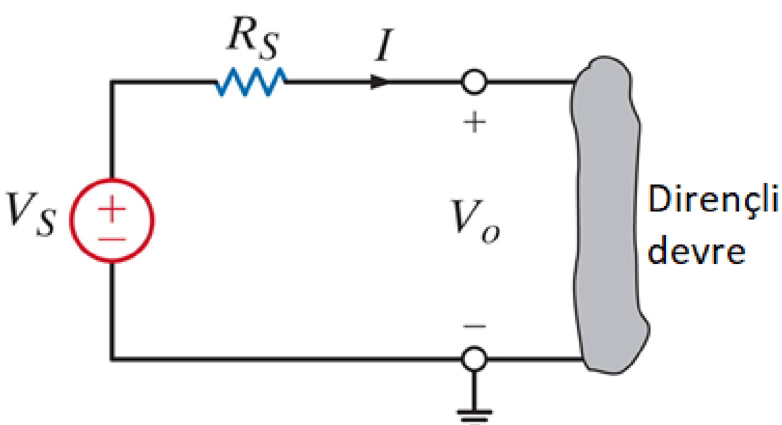


GERİLİM İZLEYİCİ TAMPON YÜKSELTECİ GÖREVİ GÖRÜR.

GERİLİM İZLEYİCİ BİR DEVREYİ DİĞERİNDEN İZOLE EDER.

DÜŞÜK GÜÇLÜ KAYNAKLAR İÇİN ÖZELLİKLE YARARLIDIR.

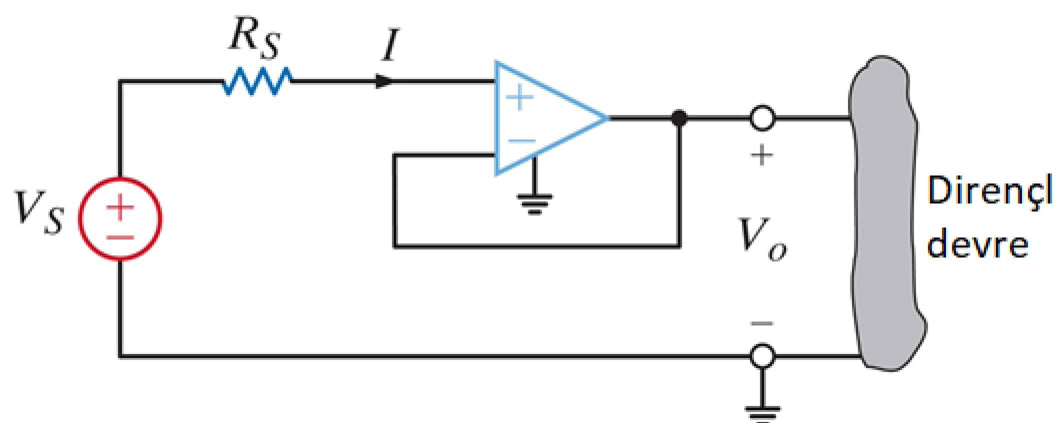
TAMPONSUZ BAĞLANTI



$$v_O = v_S - iR_S$$

KAYNAK GÜÇ SAĞLAMAKTADIR

TAMPONLU BAĞLANTI



$$v_O = v_S$$

KAYNAK GÜÇ SAĞLAMAMAKTADIR

ALIŞTIRMA

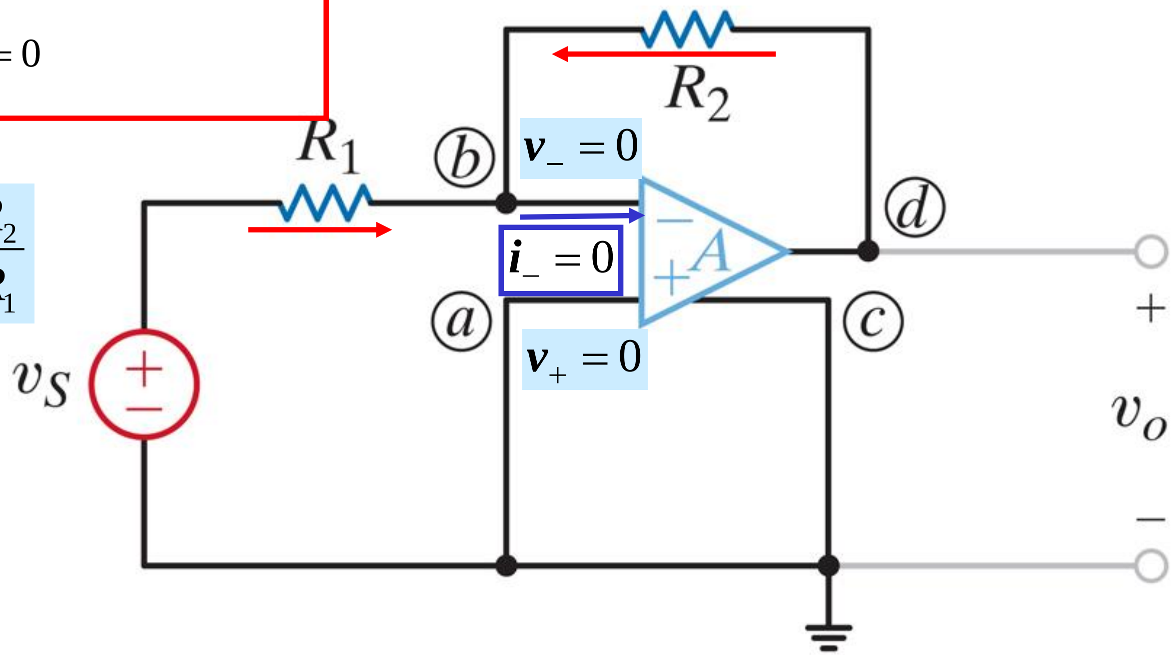
İDEAL OP-AMP KABUL EDEREK KAZANCI BELİRLEYİN

$$G = \frac{V_o}{V_s}$$

v- DÜGÜMÜNE KAK UYGULA

$$\frac{V_s - 0}{R_1} + \frac{V_o - 0}{R_2} = 0$$

$$G = \frac{V_o}{V_s} = -\frac{R_2}{R_1}$$



$v_- = 0$

$i_- = 0$

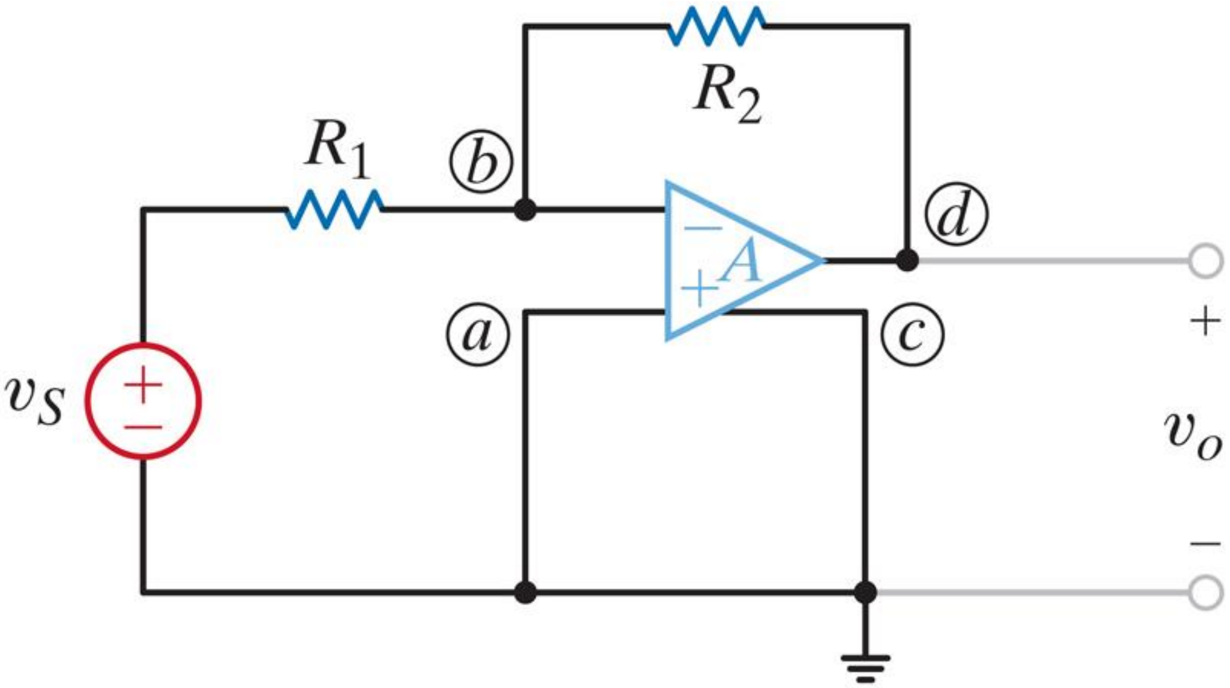
$v_+ = 0$

$$A_o = \infty \Rightarrow v_+ = v_- \quad \therefore v_- = 0$$

$$R_i = \infty \Rightarrow i_- = i_+ = 0$$

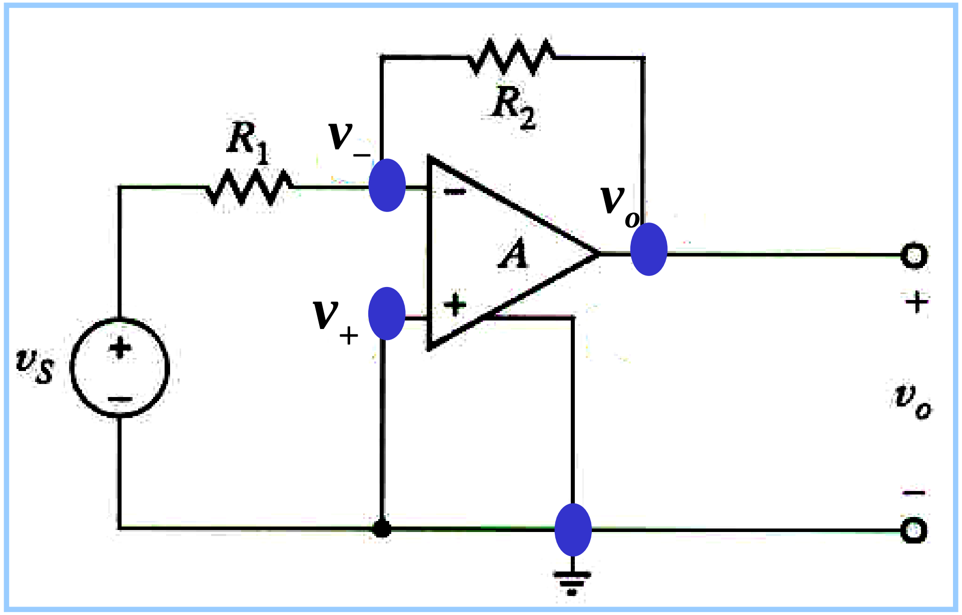
KARŞILAŞTIRMA İÇİN, AYNI DEVREYİ,
İDEAL OP-AMP KABUL ETMEDEN İNCELEYELİM.

OP-AMP'I DOĞRUSAL MODELİ İLE YER DEĞİŞTİRELİM

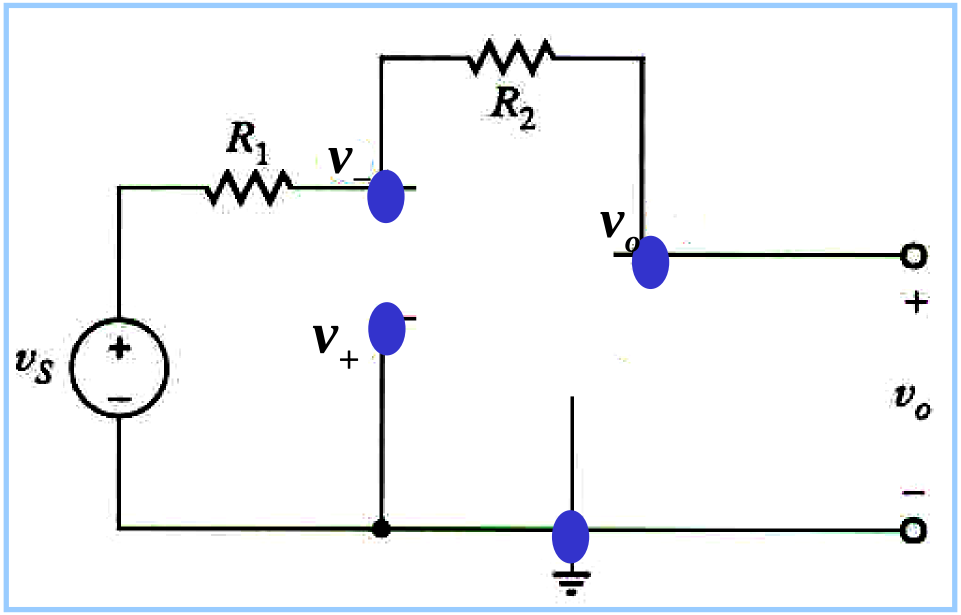


BU ÖRNEĞİ DOĞRUSAL MODELLERİ KULLANARAK OP-AMP DEVRELERİNİ OLUŞTURMADA BİR PROSEDÜR GELİŞTİRMEK İÇİN VERİYORUZ

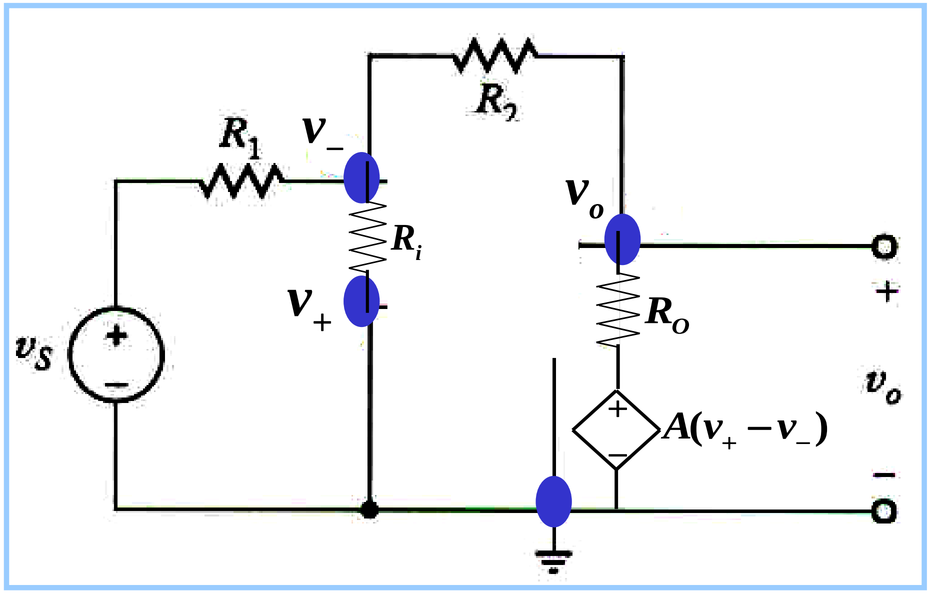
1. Op Amp düğümlerini belirleyin



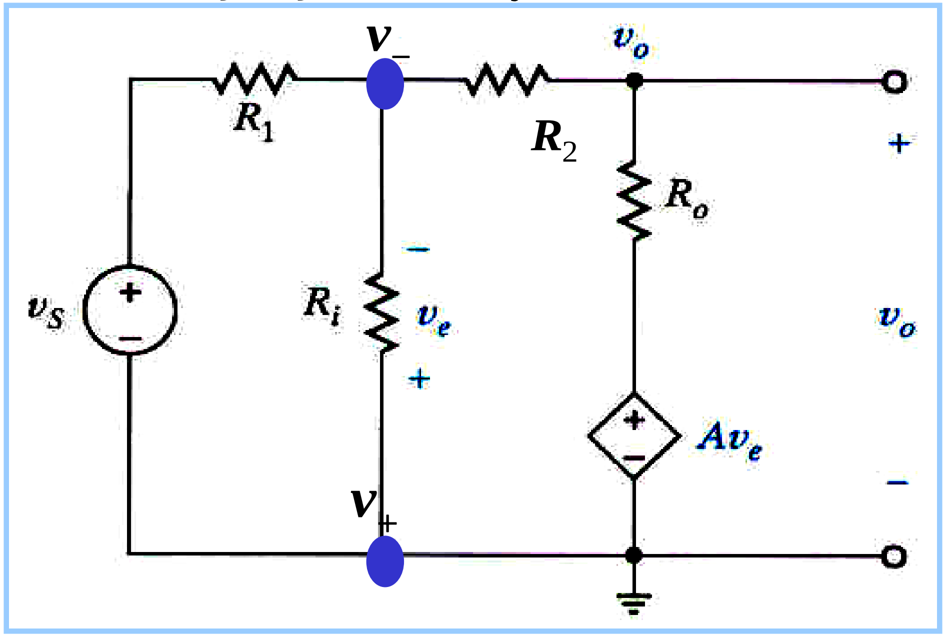
2. Op Amp'ı çıkararak devreyi yeniden çizin



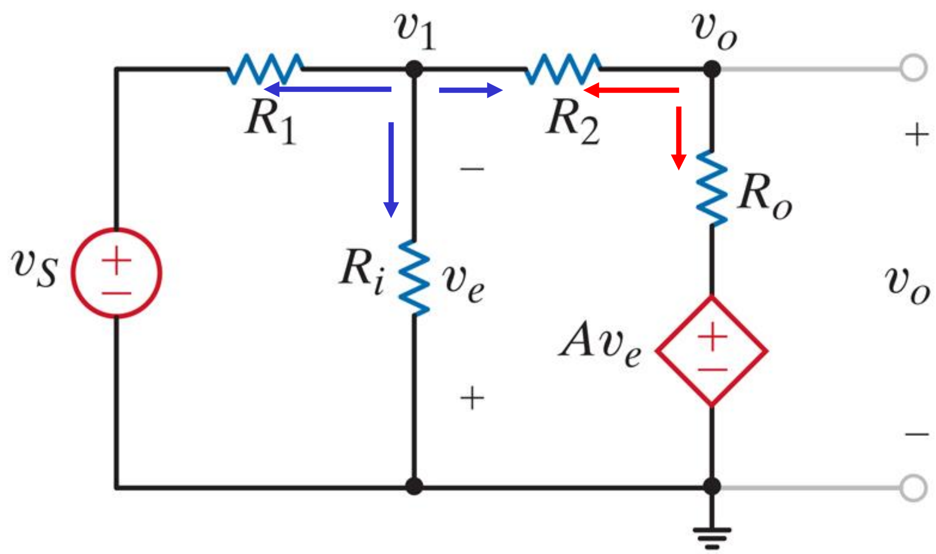
3. Doğrusal OpAmp'ın elemanlarını çizin
(2. adımdaki devre üzerine)



4. Devreyi yeniden çizebilirsiniz



EVİREN YÜKSELTEÇ: İDEAL OLMAYAN DURUMDA ANALİZ



DÜĞÜM ANALİZİ

$$\boxed{\frac{v_1 - v_S}{R_1} + \frac{v_1}{R_i} + \frac{v_1 - v_o}{R_2} = 0}$$

$$\boxed{\frac{v_o - v_1}{R_2} + \frac{v_o - Av_e}{R_o} = 0}$$

DÜĞÜM GERİLİMLERİ CİNSİNDEN KONTROL DEĞİŞKENİ

$$\boxed{v_e = -v_1}$$

EVİREN YÜKSELTEÇ: İDEAL OLMAYAN DURUMDA ANALİZ

LİNEER CEBİR KULLANIN

$$\begin{bmatrix} \frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_i}+\frac{1}{R_2} & -\left(\frac{1}{R_2}\right) \\ -\left(\frac{1}{R_2}-\frac{A}{R_o}\right) & \frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_o} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ v_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{v_S}{R_1} \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$A^{-1} = \frac{AdjA}{|A|}$$

$$\begin{bmatrix} v_1 \\ v_0 \end{bmatrix} = \frac{1}{\Delta} \begin{bmatrix} \frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_o} & \frac{1}{R_2} \\ \frac{1}{R_2}-\frac{A}{R_o} & \frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_i}+\frac{1}{R_o} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{v_S}{R_1} \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\Delta = \left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_i}+\frac{1}{R_2}\right)\left(\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_o}\right) - \left(\frac{1}{R_2}\right)\left(\frac{1}{R_2}-\frac{A}{R_o}\right)$$

TIPIK BIR OP - AMP ICIN :

$$A = 10^5,\ R_i = 10^8\Omega,\ R_O = 10\Omega$$

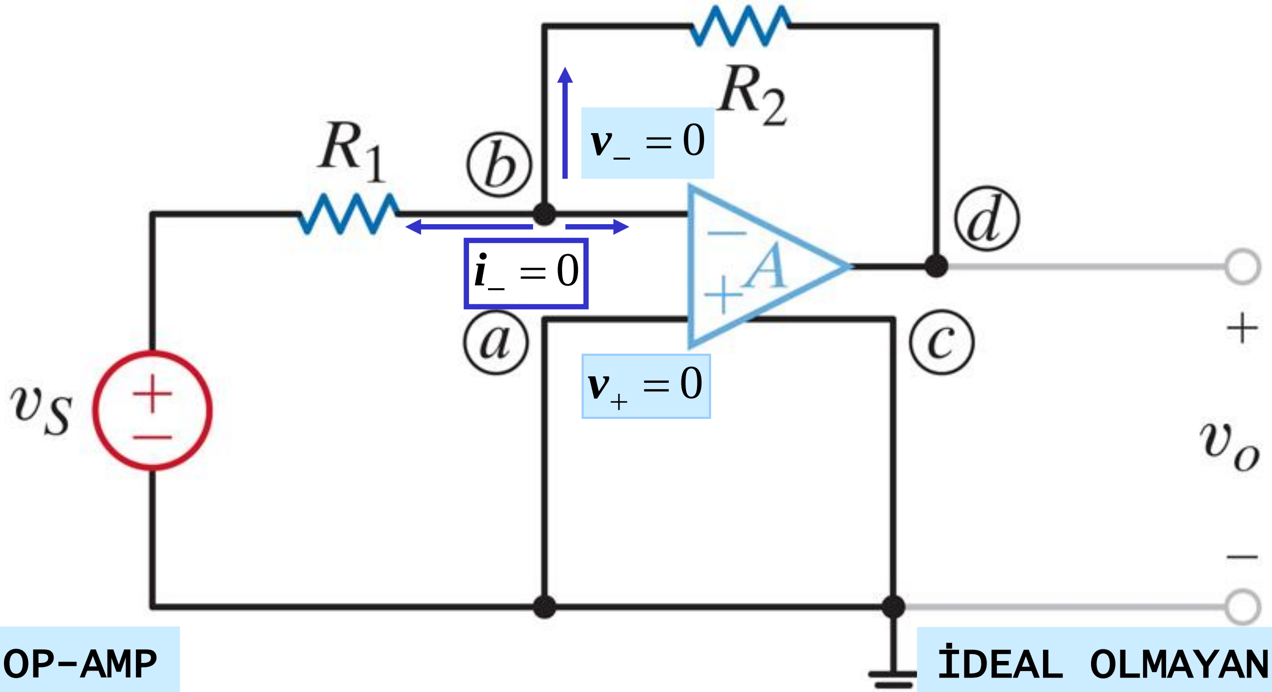
$$v_o = \frac{\left(\frac{1}{R_2}-\frac{A}{R_o}\right)\left(\frac{v_s}{R_1}\right)}{\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_i}+\frac{1}{R_2}\right)\left(\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_o}\right) - \left(\frac{1}{R_2}\right)\left(\frac{1}{R_2}-\frac{A}{R_o}\right)}$$

$$\boldsymbol{R_1 = 1k\Omega, R_2 = 5k\Omega} \Rightarrow \frac{\boldsymbol{v_O}}{\boldsymbol{v_S}} = -4.9996994$$

$$\frac{v_o}{v_s} = \frac{-(R_2/R_1)}{1-\left[\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_i}+\frac{1}{R_2}\right)\left(\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_o}\right)\Big/\left(\frac{1}{R_2}\right)\left(\frac{1}{R_2}-\frac{A}{R_o}\right)\right]}$$

$$A = \infty \Rightarrow \frac{v_O}{v_S} = -\frac{R_2}{R_1} = -5.000$$

ÖZET KARŞILAŞTIRMA: IDEAL OP-AMP VE İDEAL OLMAYAN DURUM



İDEAL OP-AMP

$$R_i = \infty \Rightarrow i_- = i_+ = 0$$

$$A = \infty \Rightarrow v_+ = v_-$$

EVİREN GİRİŞE KAK UYGULAYIN

$$\frac{0 - v_S}{R_1} + \frac{0 - v_O}{R_2} = 0 \Rightarrow \frac{v_O}{v_s} = -\frac{R_2}{R_1}$$

İDEAL OLMAYAN DURM

OP-AMP'I LINEER MODEL İLE DEĞİŞTİRİN BAĞIMLI KAYNAKLI OLARAK OLUŞAN DEVREYİ ÇÖZÜN

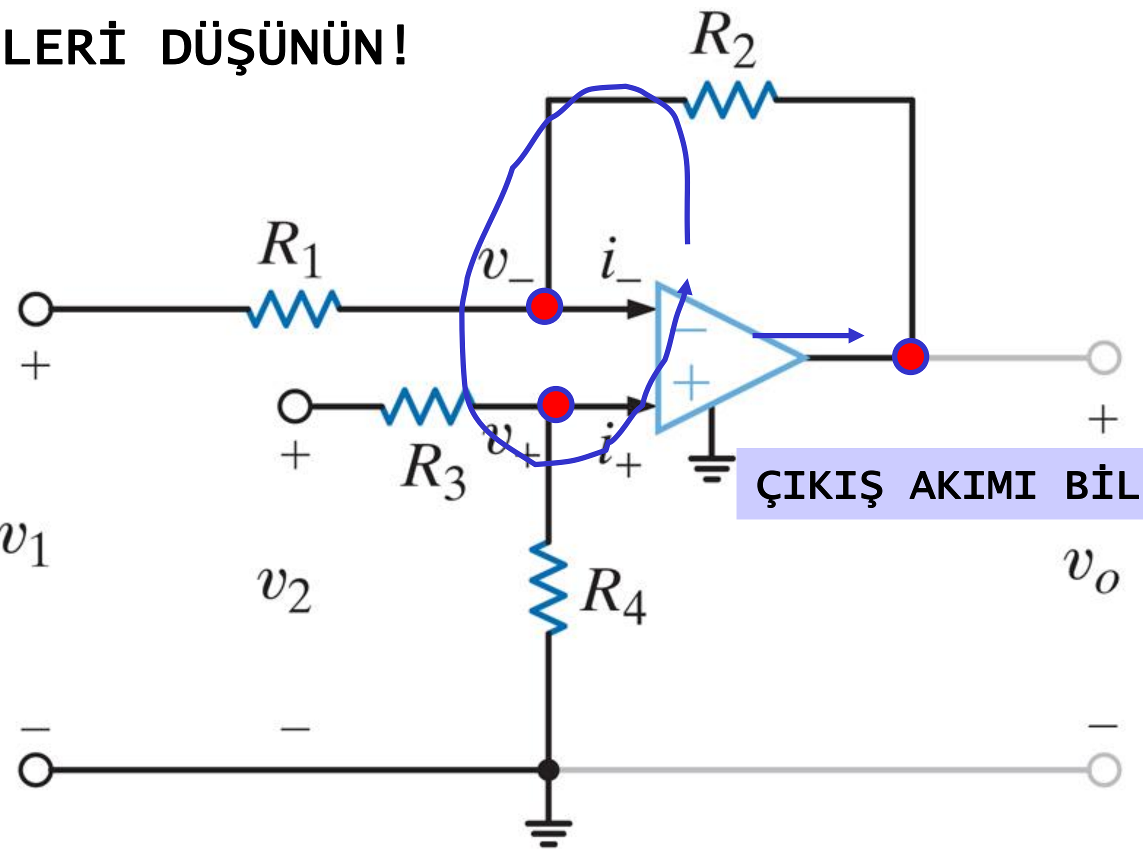
İDEAL OLMAYAN DURUM İÇİN KAZANÇ

$$\frac{v_o}{v_s} = \frac{-(R_2/R_1)}{1 - \left[\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_i} + \frac{1}{R_2}\right)\left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_o}\right) \Big/ \left(\frac{1}{R_2}\right)\left(\frac{1}{R_2} - \frac{A}{R_o}\right)\right]}$$

IDEAL OP-AMP VARSAYIMI MÜKEMMEL BIR YAKLAŞIM SAĞLAMAKTADIR. (AKSİ BELİRTİLMEDİKÇE BUNU KULLANACAĞIZ!)

ALIŞTIRMA: FARK YÜKSELTECİ

DÜĞÜMLERİ DÜŞÜNÜN!



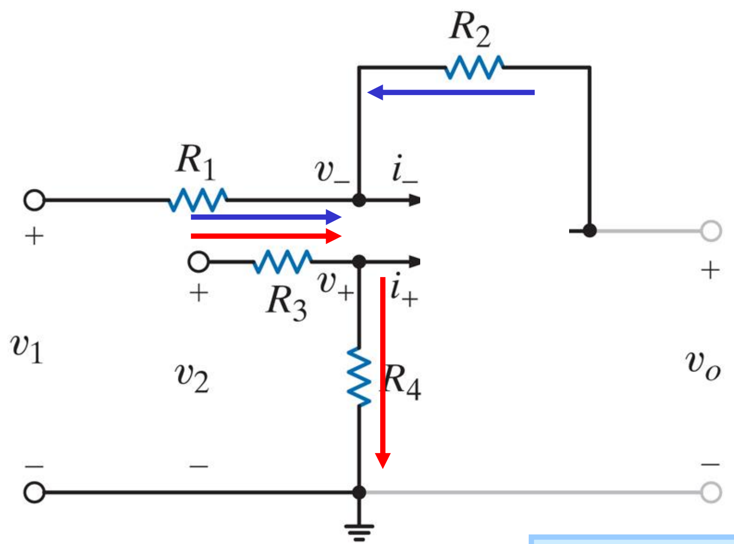
ÇIKIŞ AKIMI BİLİNMİYOR

OP-AMP 3 DÜĞÜM İLE TANIMLANMAKTA. ÖYLEYSE 3 DENKLEME İHTİYAÇ VARDIR.

v_- VE v_+ DÜĞÜMLERİNE KAK UYGULANIRSA İKİ DENKLEM ELDE EDİLİR (SONSUZ GİRİŞ DİRENCİ i_-, i_+ ‘NIN BİLİNDİĞİNİ İFADE EDER)

ÇIKIŞ DÜĞÜMÜNE KAK UYGULAMAYIN.
ÜÇÜNCÜ DENKLEMİ SONSUZ KAZANÇ VARSAYIMINDAN ELDE EDİN ($v_+ = v_-$).

ALIŞTIRMA: FARK YÜKSELTECİ



EVİREN UÇ DÜĞÜMÜ

$$\frac{v_1 - v_-}{R_1} + \frac{v_o - v_-}{R_2} = i_-$$

EVİRMEYEN UÇ DÜĞÜMÜ

$$\frac{v_2 - v_+}{R_3} = \frac{v_+}{R_4} + i_+$$

IDEAL OP-AMP DURUMU

$$i_+ = i_- = 0 \,, \quad v_+ = v_-$$

$$i_+ = 0 \Rightarrow v_+ = \frac{R_4}{R_3 + R_4} v_2 \Rightarrow v_- = \frac{R_4}{R_3 + R_4} v_2$$

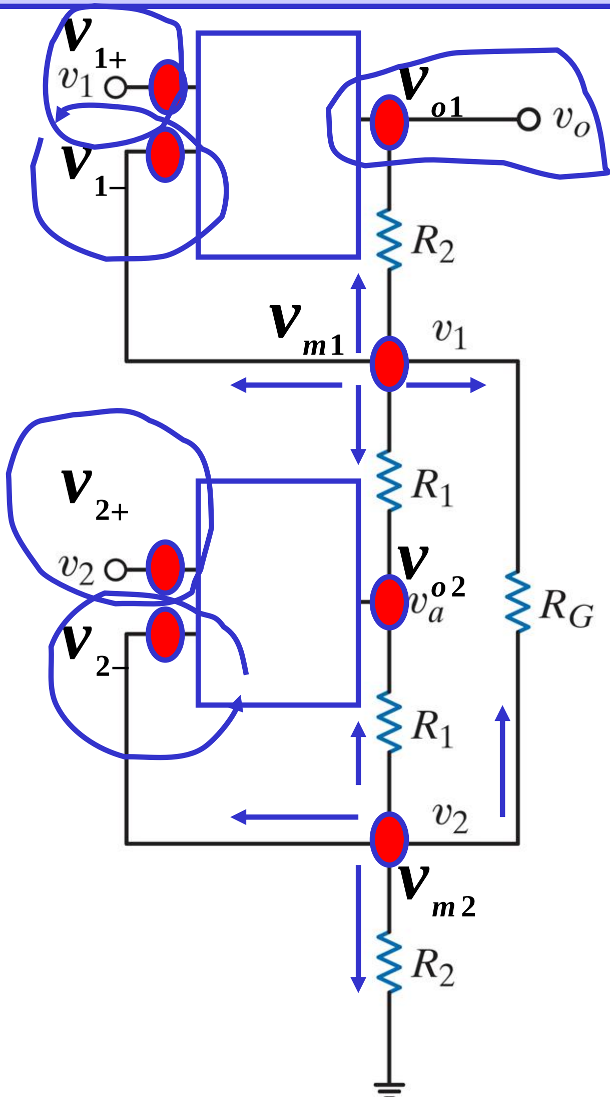
$$v_O = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) v_- - \frac{R_2}{R_1} v_1$$

$$v_o = \frac{R_2}{R_1}\left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) \frac{R_4}{R_3 + R_4} v_2 - \frac{R_2}{R_1} v_1$$

$$R_4 = R_2,\ R_3 = R_1 \Rightarrow v_O = \frac{R_2}{R_1}(v_2 - v_1)$$

ALIŞTIRMA: IDEAL OP-AMP KULLANIN

v_o'i BULUN



$$v_{1+} = v_1$$
$$v_{2+} = v_2$$

$$v_{1-} = v_{m1}$$
$$v_{2-} = v_{m2}$$

GİRİŞ DÜĞÜMLERİ İÇİN DENKLEMLERİ YAZ. SONSUZ KAZANÇ VARSAYIMINI KULLAN.

$$v_{1+} = v_{1-} \qquad v_{2+} = v_{2-}$$

$$\boxed{\therefore v_{m1} = v_1 \qquad v_{m2} = v_2}$$

KALAN DÜĞÜM DENKLEMLERİNİ KULLAN

$$@v_{m1}: \frac{v_1 - v_{01}}{R_2} + \frac{v_1 - v_2}{R_G} + \frac{v_1 - v_{o2}}{R_1} + 0 = 0$$

$$@v_{m2}: \frac{v_2 - v_{o2}}{R_1} + \frac{v_2 - v_1}{R_G} + \frac{v_2}{R_2} + 0 = 0$$

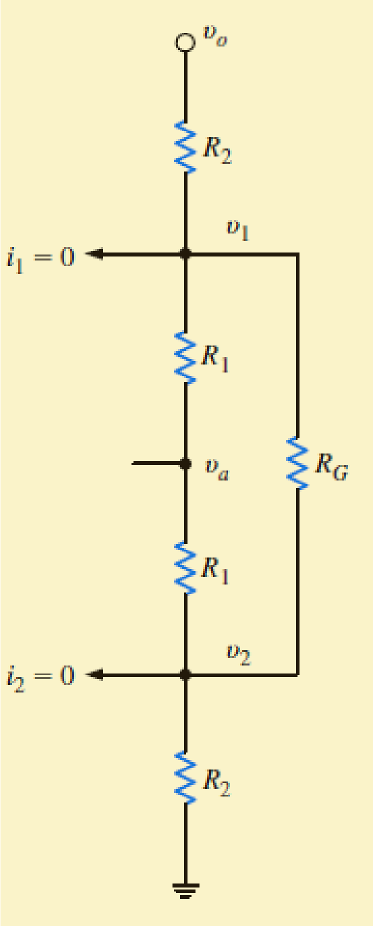
BİLİNMEYEN SADECE ÇIKIŞ GERİLİMLERİDİR

IHTIYAC DUYULAN DEGISKEN $v_o = v_{o1}$ ICIN COZUN

$$v_o = (v_1 - v_2)\left(1 + \frac{R_2}{R_1} + \frac{2R_2}{R_G}\right)$$

ALIŞTIRMA: IDEAL OP-AMP KULLANIN

v_O'i BULUN



GİRİŞ DÜĞÜMLERİ İÇİN DENKLEMLERİ YAZ.
SONSUZ KAZANÇ VARSAYIMINI KULLAN.

$$@\boldsymbol{v}_1 : \frac{\boldsymbol{v}_1 - \boldsymbol{v}_0}{\boldsymbol{R}_2} + \frac{\boldsymbol{v}_1 - \boldsymbol{v}_2}{\boldsymbol{R}_G} + \frac{\boldsymbol{v}_1 - \boldsymbol{v}_a}{\boldsymbol{R}_1} + 0 = 0$$

$$@\boldsymbol{v}_2 : \frac{\boldsymbol{v}_2 - \boldsymbol{v}_a}{\boldsymbol{R}_1} + \frac{\boldsymbol{v}_2 - \boldsymbol{v}_1}{\boldsymbol{R}_G} + \frac{\boldsymbol{v}_2}{\boldsymbol{R}_2} + 0 = 0$$

BİLİNMEYEN SADECE ÇIKIŞ GERİLİMİDİR

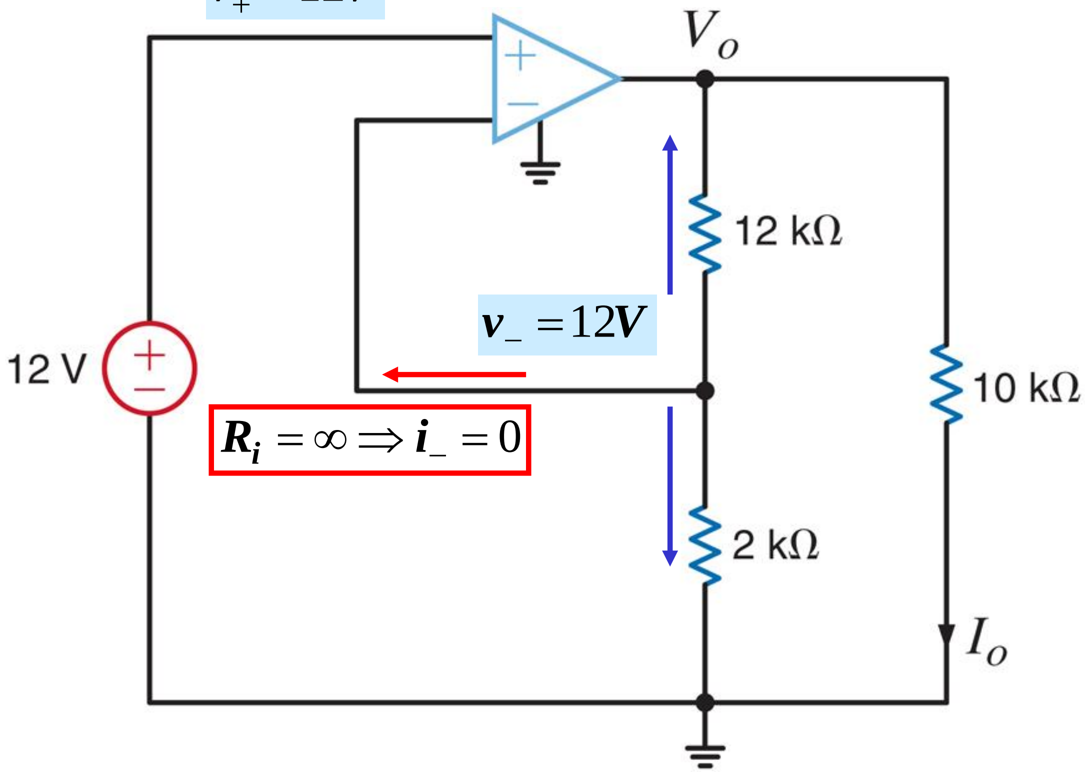
IHTIYAC DUYULAN DEGISKEN $\boldsymbol{v}_o$ ICIN COZUN

$$v_0 = (v_1 - v_2)\left(1 + \frac{R_2}{R_1} + \frac{2R_2}{R_G}\right)$$

ALIŞTIRMA I_O'i BULUN. IDEAL OP-AMP VARSAYIN

$A_O = \infty \Rightarrow v_- = 12V$

$v_+ = 12V$



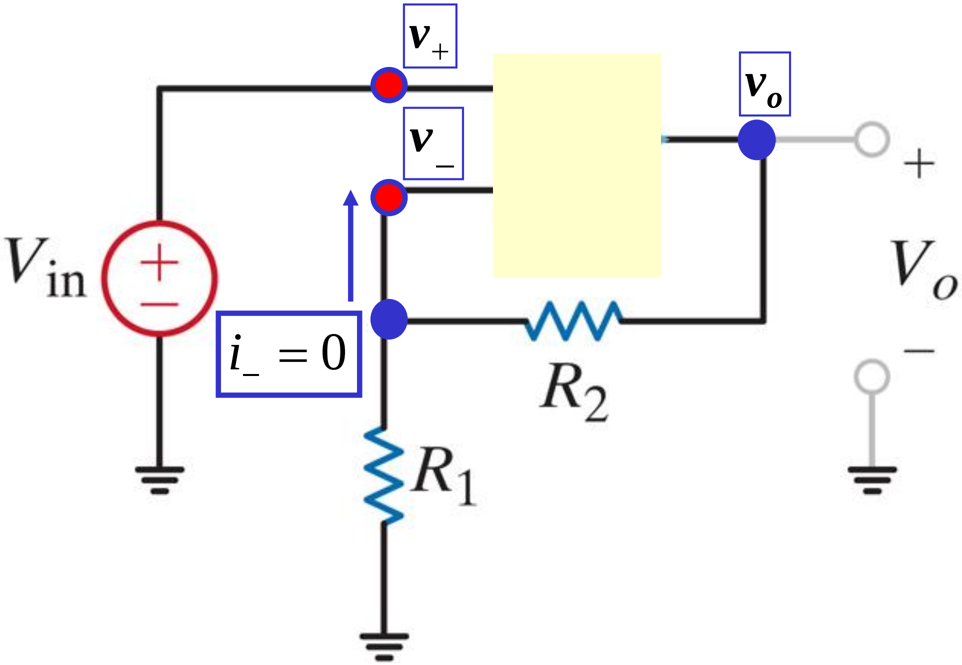
$$v_- \text{ Dügümüne KAK : } \frac{12 - V_o}{12k} + \frac{12}{2k} = 0$$

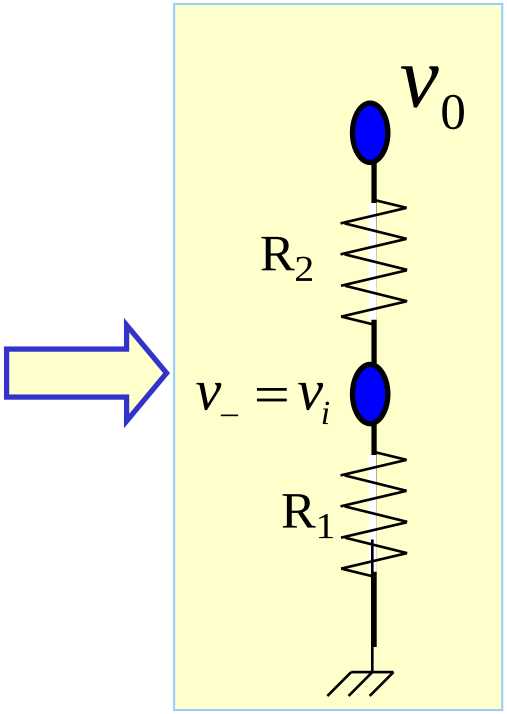
$$\Rightarrow V_o = 84V$$

$$\therefore I_O = \frac{V_o}{10k} = 8.4mA$$

ALIŞTIRMA Vo'ı Bulun

EVİRMEYEN YÜKSELTEÇ - IDEAL OP-AMP





$v_+ = v_i$

$$v_+ = v_i \Rightarrow v_- = v_i$$

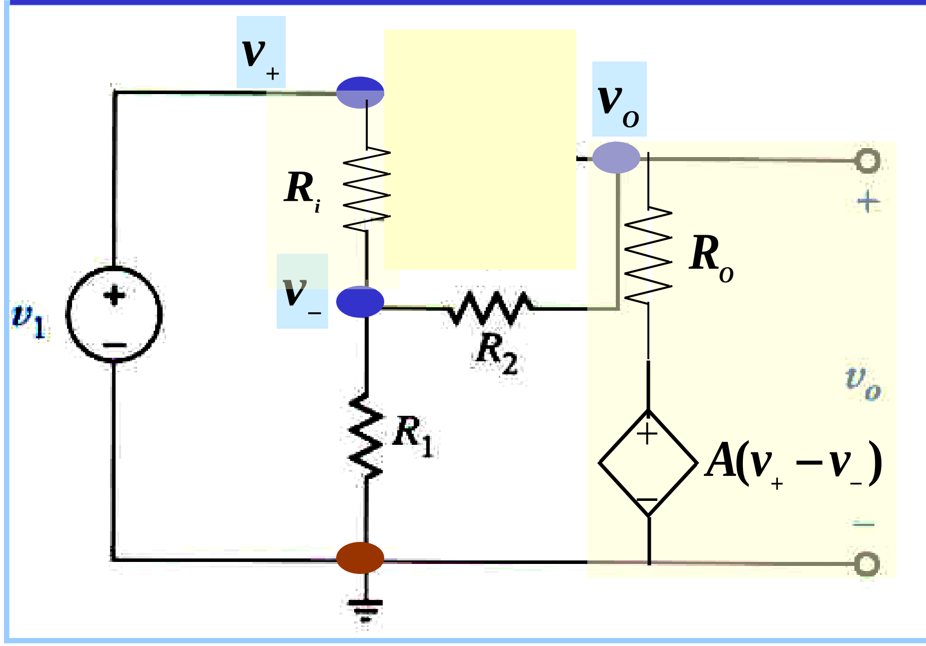
SONSUZ KAZANÇ VARSAYIMI

SONSUZ GİRİŞ DİRENCİ

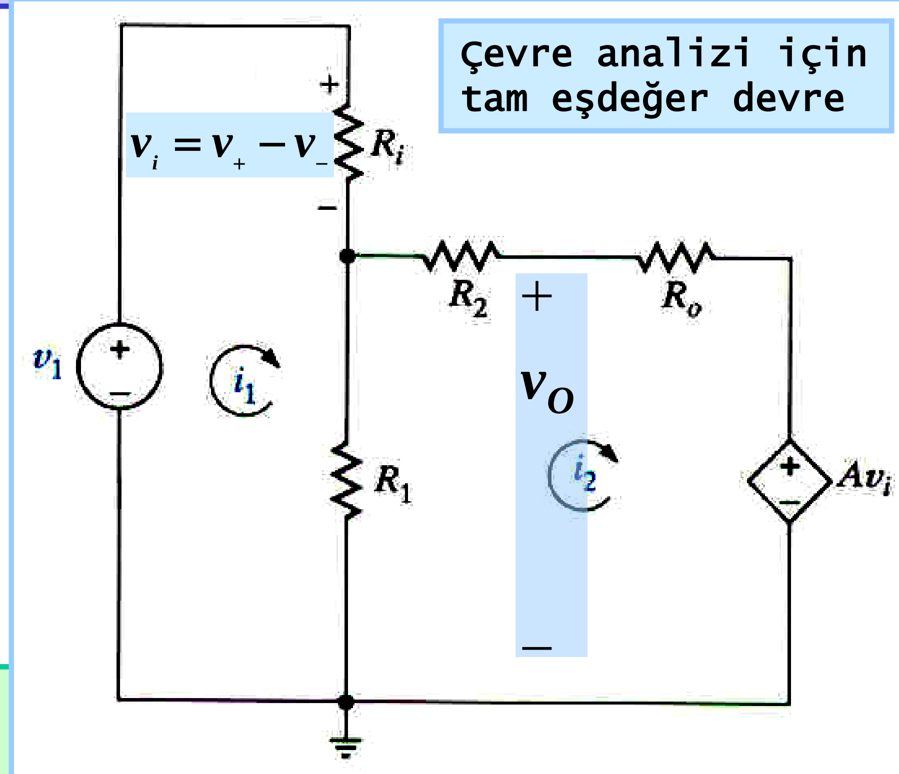
"ters gerilim bölücü"

$$v_i = \frac{R_1}{R_1 + R_2} v_0 \Rightarrow v_0 = \frac{R_1 + R_2}{R_1} v_i$$

KAZANÇ VE GİRİŞ DİRENCİNİ BULUN – IDEAL OLMAYAN OP-AMP



OP-AMP''IN DOĞRUSAL MODELİNİ KULLANARAK EŞDEĞER DEVREYİ OLUŞTURUN



Çevre analizi için tam eşdeğer devre

DAHA AÇIK GÖRÜLMESİ İÇİN DEVREYİ YENİDEN ÇİZİN.
SADECE İKİ GÖZ VARDIR.

ÇEVRE 1

$$v_1 = i_1(R_i + R_1) - i_2 R_1$$

ÇEVRE 2

$$-Av_i = -i_1 R_1 + i_2(R_1 + R_2 + R_o)$$

ÇEVRE AKIMLARI CİNSİNDEN KONTROL DEĞİŞKENİ

$$v_i = R_i i_1$$

$$v_O = -R_2 i_2 + R_1(i_1 - i_2)$$

MATEMATİKSEL MODEL

GÖZ 1

$$v_1 = i_1(R_i + R_1) - i_2 R_1$$

GÖZ 2

$$-Av_i = -i_1 R_1 + i_2(R_1 + R_2 + R_o)$$

ÇEVRE AKIMLARI CİNSİNDEN KONTROL DEĞİŞKENİ

$$v_i = R_i i_1$$

$$v_O = -R_2 i_2 + R_1(i_1 - i_2)$$

GİRİŞ DİRENCİ

$$R_{in} = \frac{v_1}{i_1}$$

KAZANÇ

$$G = \frac{v_O}{v_i}$$

YERİNE YAZIN ve MATRİS FORMUNA GETİRİN

$$\begin{bmatrix} (R_1+R_2) & -R_1 \\ AR_i - R_1 & (R_1+R_2+R_O) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

FORMAL ÇÖZÜM

$$\begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (R_1+R_2) & -R_1 \\ AR_i - R_1 & (R_1+R_2+R_O) \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} v_1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\Delta = (R_1+R_2+R_O)(R_1+R_2) + R_1(AR_i - R_1)$$

$$Adj = \begin{bmatrix} (R_1+R_2+R_O) & R_1 \\ -(AR_i - R_1) & (R_1+R_2) \end{bmatrix}$$

ÇÖZÜMLER

$$\begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \end{bmatrix} = \frac{1}{\Delta} \begin{bmatrix} (R_1+R_2+R_O) & R_1 \\ -(AR_i - R_1) & (R_1+R_2) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$i_1 = \frac{R_1+R_2+R_O}{\Delta} v_1 \qquad i_2 = \frac{-(AR_i - R_1)}{\Delta}$$

$$R_{in} = \frac{v_1}{i_1} = \frac{(R_i+R_1)(R_1+R_2+R_o) + R_1(AR_i - R_1)}{R_1+R_2+R_o} = R_i + \frac{R_1(R_2+R_o+AR_i)}{R_1+R_2+R_o}$$

$$v_O = R_1 i_1 - (R_1+R_2) i_2$$

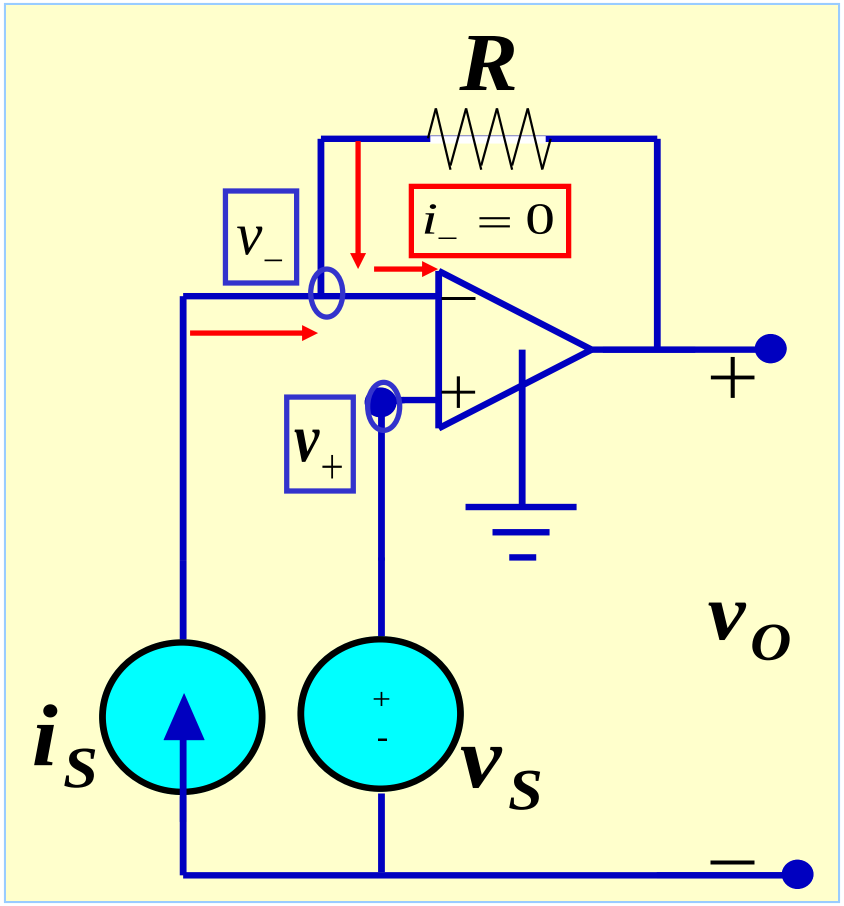
$$v_O = \frac{R_1(R_1+R_2+R_O)}{\Delta} v_1 + \frac{(R_1+R_2)(AR_i - R_1)}{\Delta} v_1$$

$$A \to \infty ???$$

$$A \to \infty \Rightarrow \Delta \to AR_1R_i \qquad R_{in} \to \infty$$

$$G = \frac{v_O}{v_1} \to \frac{R_1+R_2}{R_1}$$

Örnek Problem



Gerilimleri belirle? $v_+ = v_S$

Sonsuz kazanç varsayımını kullanın

$$v_- = v_S$$

Sonsuz giriş direnci varsayımı kullanın ve KAK'ı eviren girişte uygulayın.

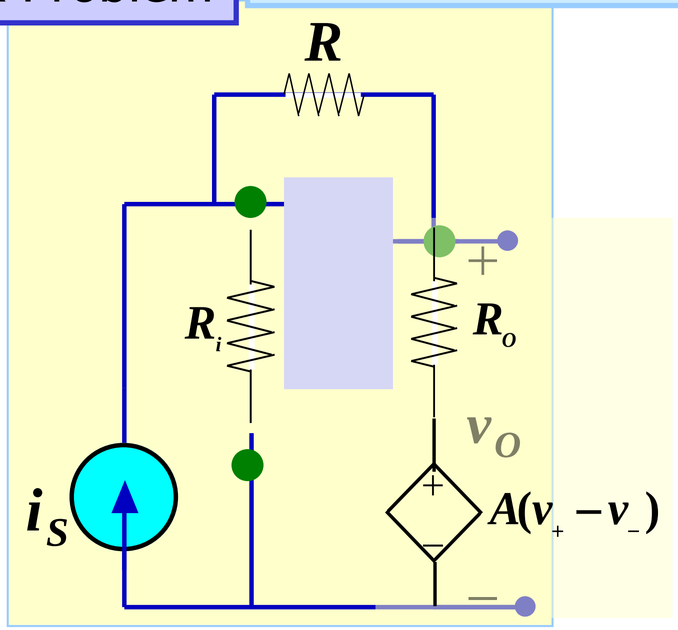
$$i_S + \frac{v_o - v_-}{R} = 0$$

$$v_o = v_S - Ri_S$$

Vo ifadesini bulun. İdeal OpAmp varsayımlarını nerede ve nasıl kullandığınızı belirtin.

Örnek Problem

DOĞRUSAL EŞDEĞER DEVREYİ ÇİZİN VE ÇEVRE DENKLEMLERİNİ YAZIN

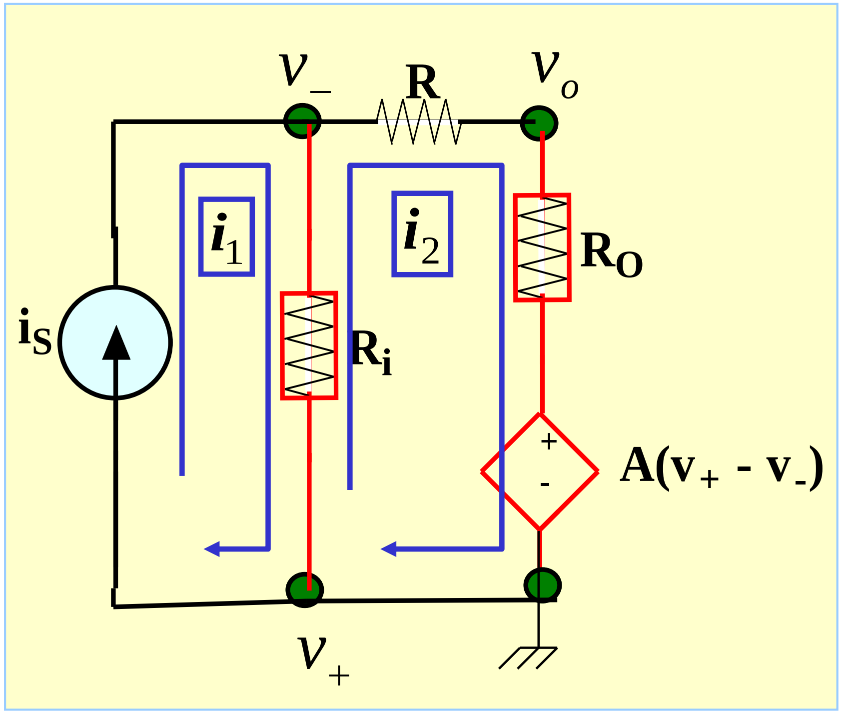


1. Düğümleri belirleyin

2. Op-Amp'ı silin

3. Doğrusal modeli yerleştirin

4. Gerekliyse yeniden çizin



İKİ ÇEVRE. BİR AKIM KAYNAĞI.
GÖZLERİ KULLANIN.

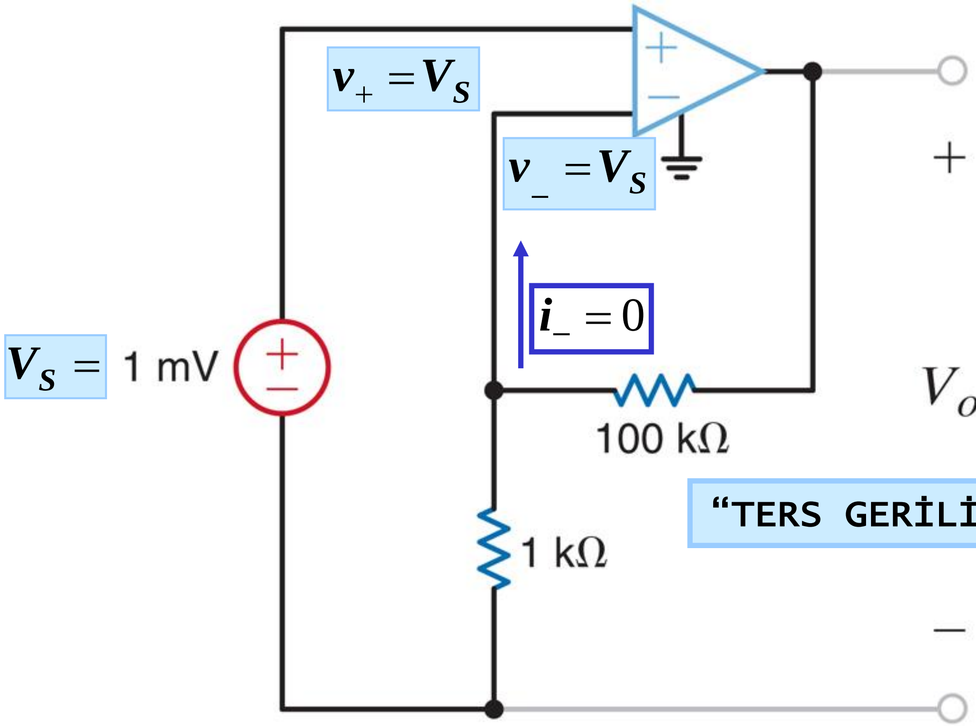
GÖZ 1: $i_1 = i_s$

GÖZ 2: $R_i(i_2 - i_S) + (R + R_O)i_2 + A(v_+ - v_-)$

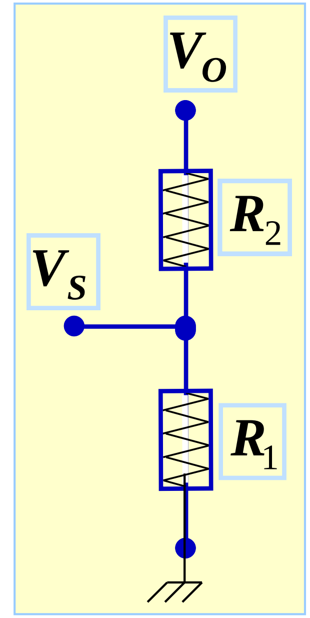
KONTROL DEĞİŞKENİ: $v_+ - v_- = R_i(i_2 - i_1)$

ALIŞTIRMA

KAZANCI VE V_O'I BULUN



"TERS GERİLİM BÖLÜCÜ



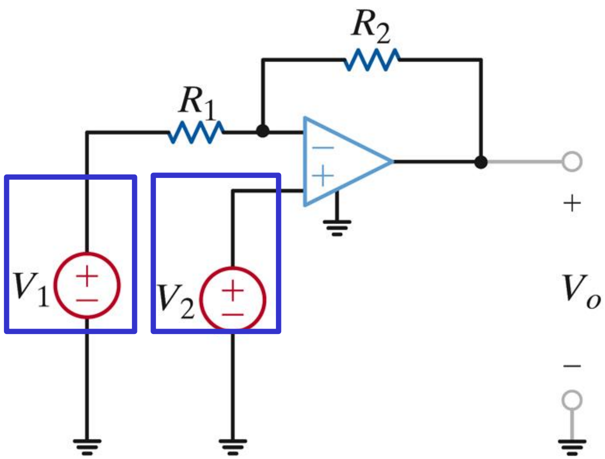
$$V_O = \frac{100k + 1k}{1k} V_S$$

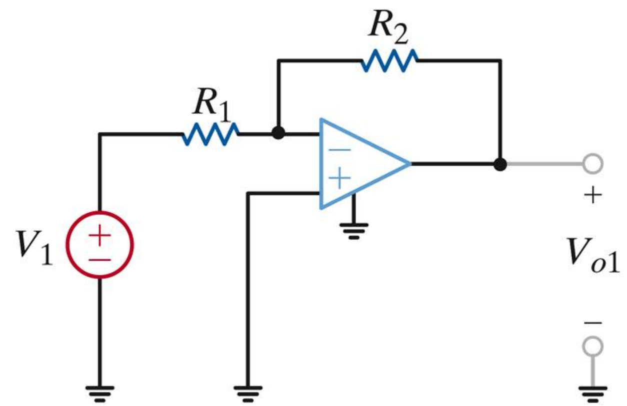
$$G = \frac{V_O}{V_S} = 101$$

$$V_S = 1mV \Rightarrow V_O = 0.101V$$

OP-AMP’LI DEVRELERE SÜPERPOZİSYONUN UYGULANMASI

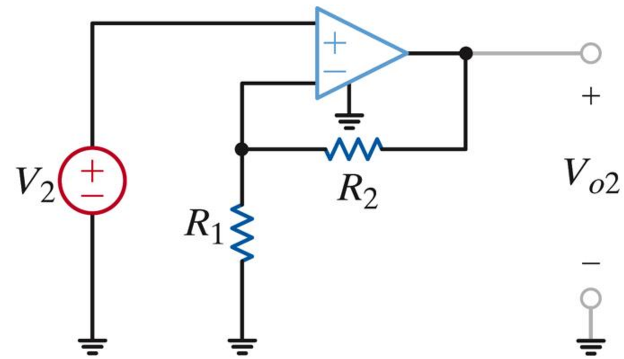
İKİ TANE KAYNAK. İKİ ADIMDA ANALİZ EDECEĞİZ





V1’İN KATKISI.
Temel evirici devre

$$V_{O1} = -\frac{R_2}{R_1}V_1$$



V2’NİN KATKISI.
Temel evirmeyen devre

Daha açık bir görüntü için devre yeniden çizilmiştir

$$V_{O2} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)V_2$$

Süperpozisyon prensibi

$$V_O = V_{O1} + V_{O2} = -\frac{R_2}{R_1}V_1 + \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)V_2$$

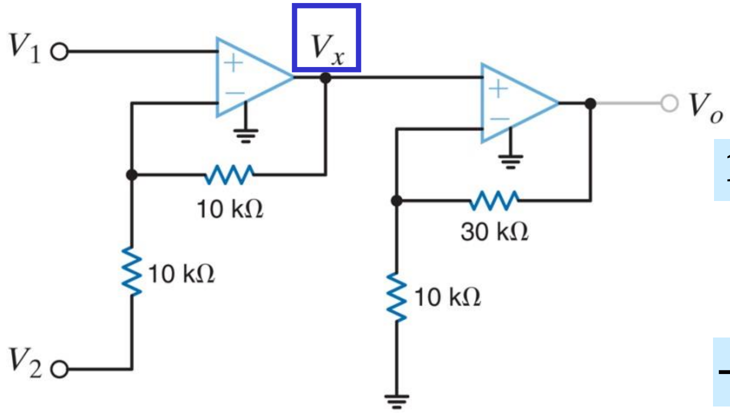
ÖRNEK

$1V \le V_1 \le 2V,\ 2V \le V_2 \le 3V$

Besleme Kaynağı: $\pm 10V$

İdeal koşullar altında her iki devre de $V_o = 8V_1 - 4V_2$ ‘yi sağlamaktadır

Her iki uygulamanın çıkış için tam aralığı üretip üretmediğini belirleyin

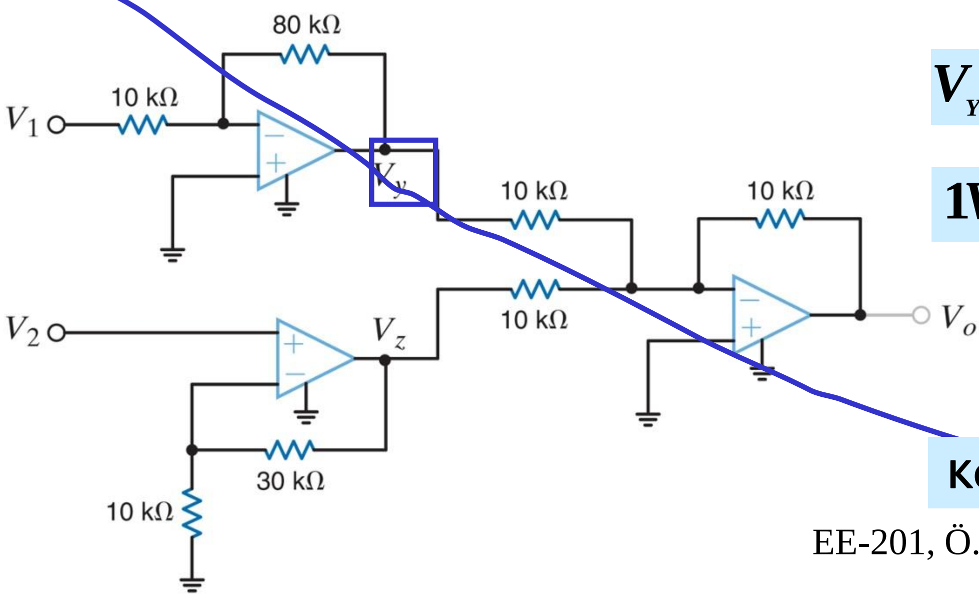


$V_X = 2V_1 - V_2$

$1V \le V_1 \le 2V,\ 2V \le V_2 \le 3V \Rightarrow -1V \le V_X \le 2V$ V_X **OK!**

$V_O = 4V_X$

$-1V \le V_X \le 2V \Rightarrow -4V \le V_O \le 8V$ V_O ***OK!***



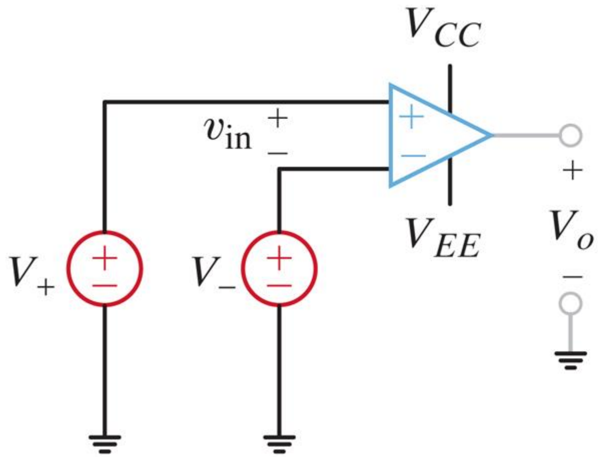
$V_Y = -8V_1$

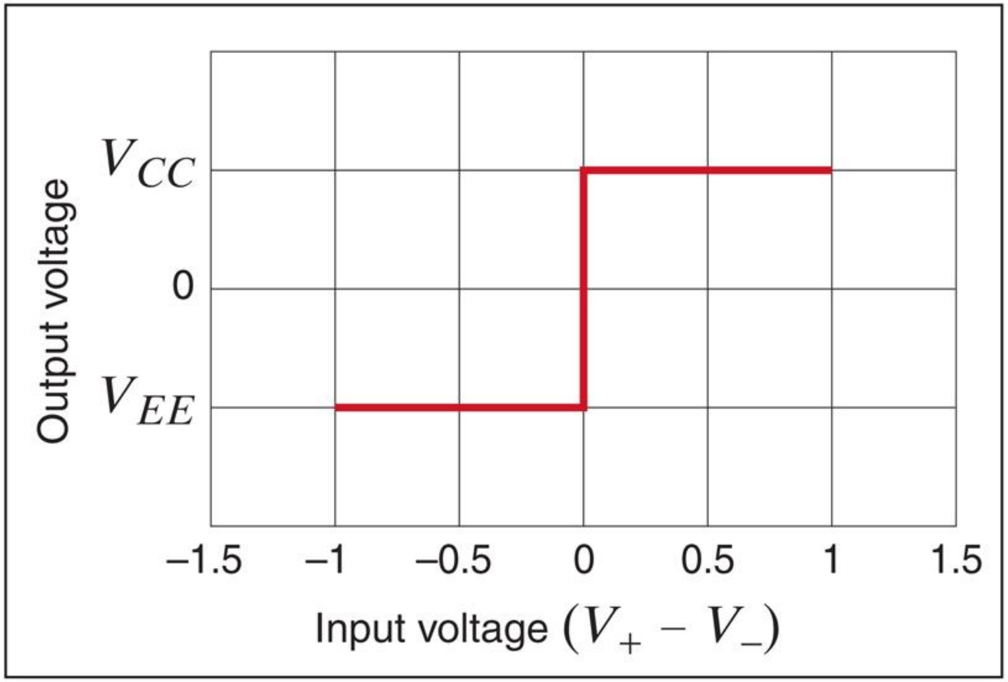
$1V \le V_1 \le 2V \Rightarrow -16V \le V_Y \le -8V$

Kaynak değerini aşmaktadır.
Bu OP-AMP doyumdadır!

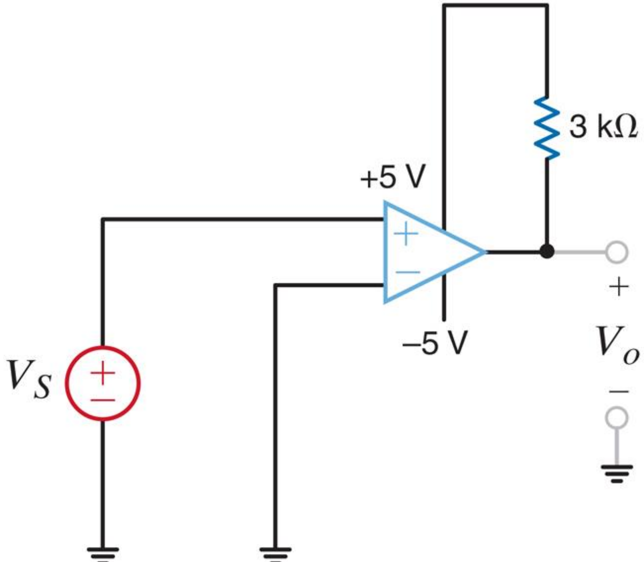
Kötü bir uygulama

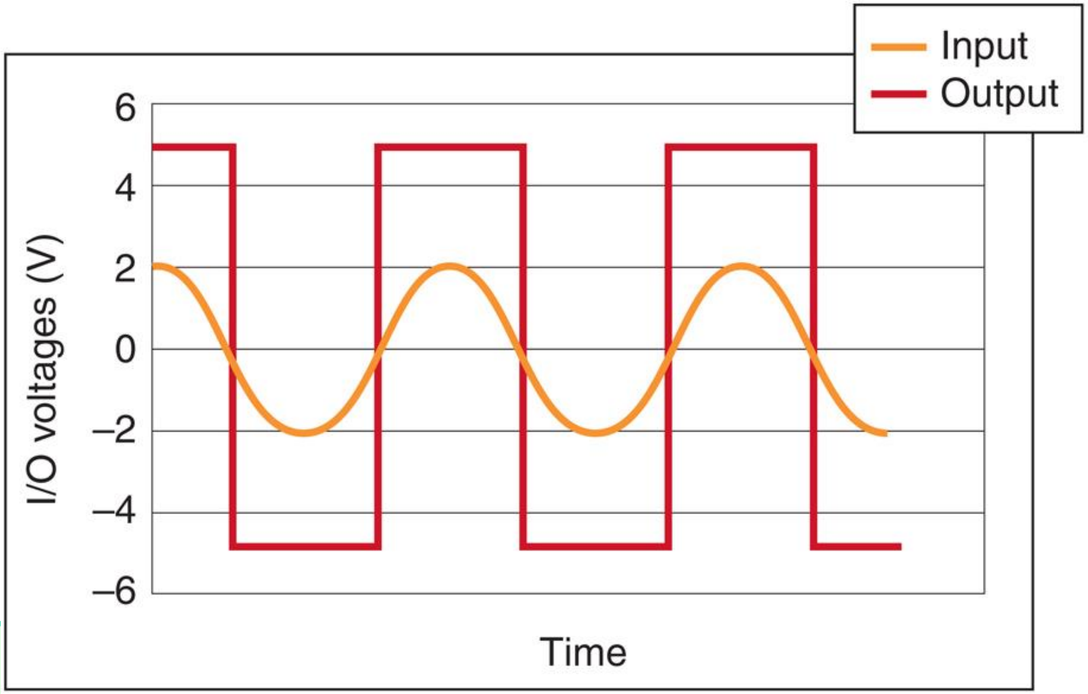
KIYASLAMA DEVRELERİ





SIFIR-GEÇİŞ DETEKTÖRÜ



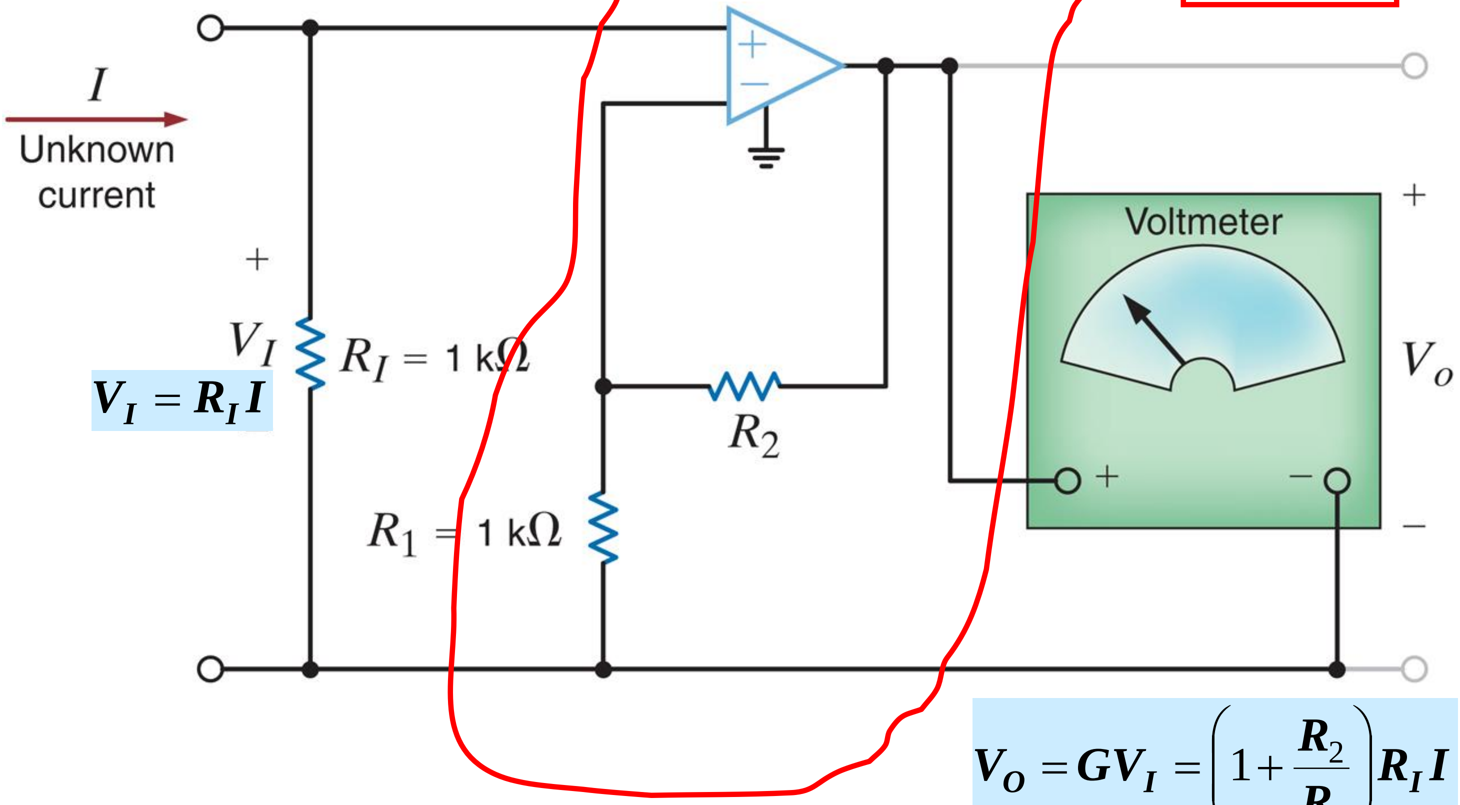


Bazı gerçek OpAmp'lar bir "pull up direnci" gerektirir

OP-AMP TEMELLİ AMPERMETRE

EVİRMEYEN YÜKSELTEÇ

$$G = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$



$$V_I = R_I I$$

$$V_O = G V_I = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) R_I I$$