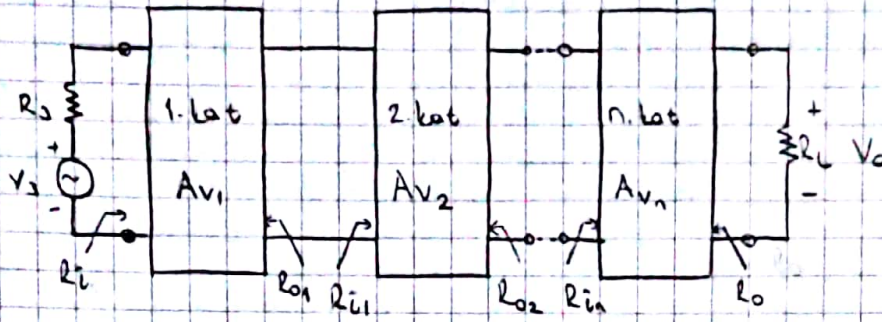


Elektronik 2

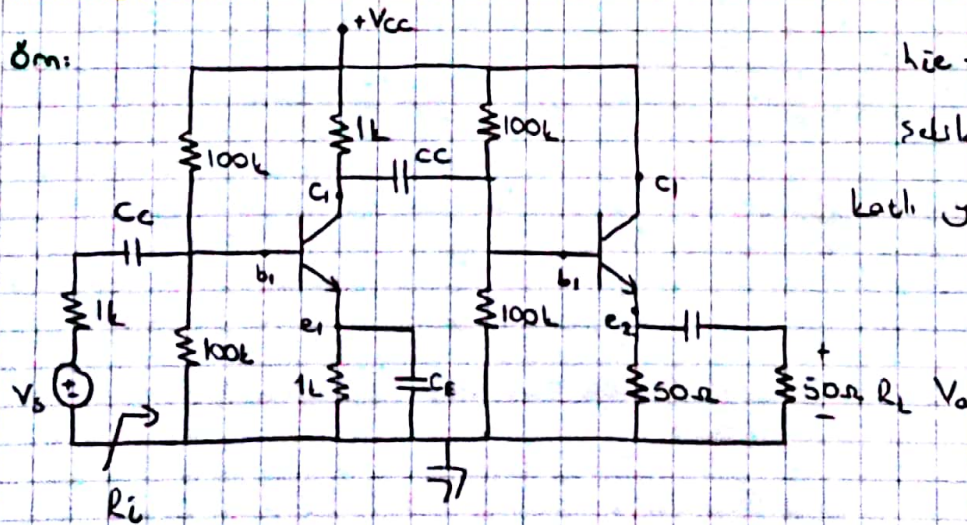
Katlı Yükselteçler (20.09.2017)



Gerçek dünyada var olan zayıf bir sinyalı tesvii eden R_3 iç direnci V_3 kaynağı ile gerçek dünyada var olan R_L yük direncini

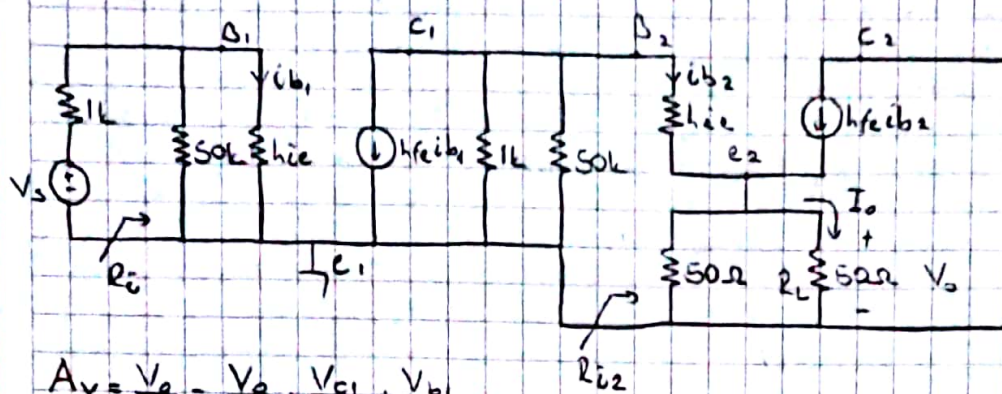
çalıştırmak istiyoruz. R_L için arzulan V_o gerilimi direkt olarak V_3 kaynağından sağlanmadığı durumlarda yükselteç yada yükselteç grupları şeklindeki gibi uygun bir yapıda tasarlanarak kullanılır. Bildiğiniz JFET ve BJT elemanları yükseltme özelliklerine sahiptirler. Bunlarla 6 adet tek katlı yükselteç deresi gerçekleştirilebilir. Tek kat kullanarak çözemediğiniz yükseltme problemleri bu tek katlı 6 adet yükselteç uygun biçimde bir arada kullanılarak katlı yükselteçler oluşturulur. Katlı yükselteçlerde dikkat edilmesi gereken en önemli nokta max güç teorisi gereğince katlar arasındaki bağlantılarda uygun dikkat etmek gerekir. Bir önceki katta üretilen sinyalin bir sonraki katta maksimum aktarılabilmesi için $R_{o(n-1)} \cong R_{in}$ koşulu sağlanmalıdır. Örneğin $R_{o1} \cong R_{i2}$ gibi.

(21.09.2017)



$$h_{ie} = 1k \quad h_{fe} = 100k$$

Şekilde verilen transistörle iki katlı yükseltecin analizini yapalım.



$$h_{fe} = 100$$

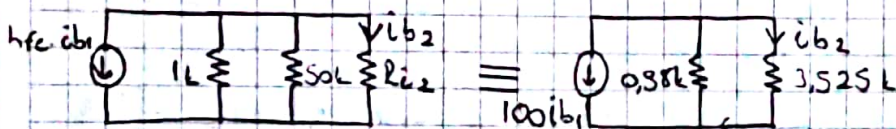
$$h_{ie} = 1k$$

$$A_v = \frac{V_o}{V_s} = \frac{V_o}{V_{c1}} \cdot \frac{V_{c1}}{V_{b1}} \cdot \frac{V_{b1}}{V_s}$$

$$V_o = (i_{b2} + h_{fe} i_{b2}) \cdot 25\Omega \quad V_o = i_{b2} (1 + 100) \cdot 25\Omega$$

$$V_{c1} = V_o + h_{ie} \cdot i_{b2}$$

$$R_{i2} = \frac{V_{c1}}{i_{b2}} = \frac{i_{b2} 101 \cdot 25 + i_{b2}}{i_{b2}} = \frac{i_{b2} (101 \cdot 0,025k + 1)}{i_{b2}} = 3,525k\Omega$$



$$3,525 \cdot i_{b2} = 0,98 \cdot (100 i_{b1} + i_{b2})$$

$$i_{b2} = -21,75 i_{b1}$$

$$V_{b1} = i_{b1} \cdot h_{ie} = i_{b1} \cdot 1k$$

$$\frac{V_o}{V_{c1}} = \frac{i_{b2} \cdot 2,525k}{i_{b2} \cdot 2,525k + i_{b2}} = \frac{2,525}{3,525} = 0,716$$

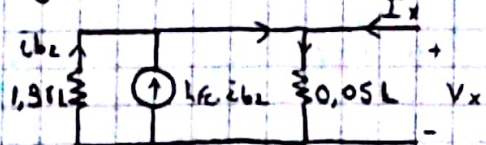
$$\frac{V_{c1}}{V_{b1}} = \frac{i_{b2} \cdot 3,525k}{i_{b1} \cdot 1k} = \frac{-21,75 i_{b1} \cdot 3,525}{i_{b1} \cdot 1k} = -76,6687$$

$$\frac{V_{b1}}{V_s} = \frac{0,98}{1 + 0,98} = 0,494 \quad A_v = 0,716 \cdot (-76,6687) \cdot 0,494 = \underline{\underline{-27,13}}$$

$$R_i = 50k // 1k = \underline{\underline{0,98k\Omega}}$$

$$A_I = \frac{V_o / R_L}{V_s / (1 + 0,98)} = \frac{V_o}{R_L} \cdot \frac{1,98}{V_s} = A_v \cdot \frac{1,98}{0,98} = \underline{\underline{-1074,3}}$$

R_o

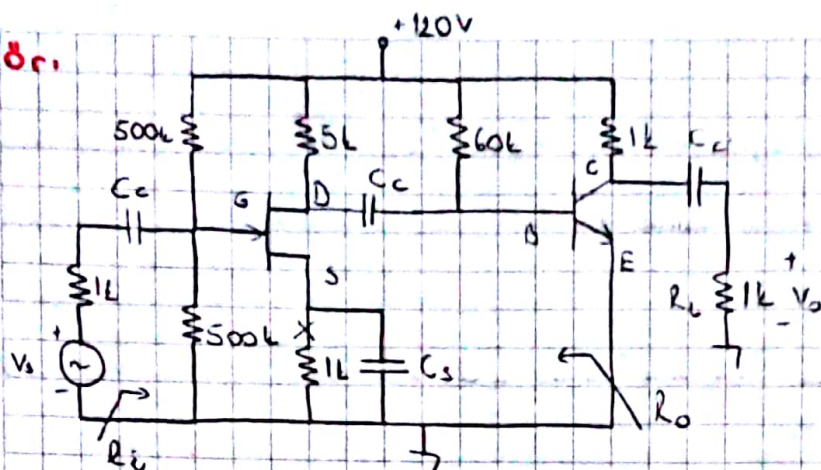


$$I_x = \frac{V_x}{0,05k} - h_{fe} i_{b2} - i_{b2}$$

$$i_{b2} = \frac{V_x}{1,98k}$$

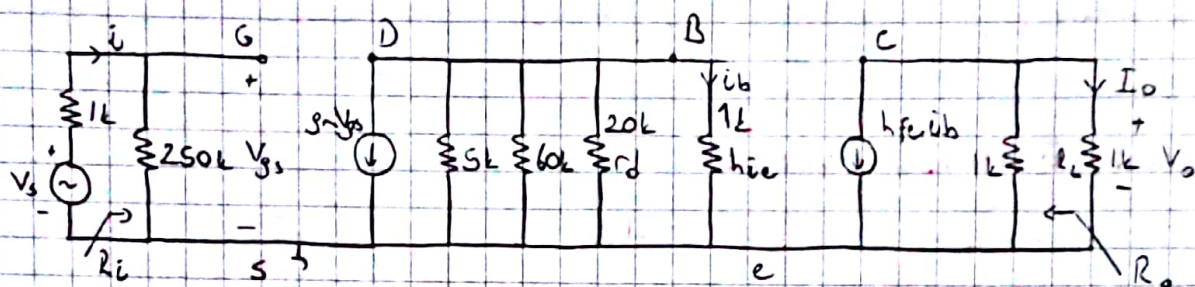
$$R_o = 0,014k = \underline{\underline{14\Omega}}$$

ör.



$T \begin{pmatrix} h_{fe}=100 \\ h_{ie}=1k \end{pmatrix} \quad F \begin{pmatrix} r_d=20k \\ g_m=5 \cdot 10^{-3} A/V \end{pmatrix}$

Devrenin AC analizi yap



$$A_v = \frac{V_o}{V_s} = \frac{V_o}{V_b} \cdot \frac{V_b}{V_g} \cdot \frac{V_g}{V_s}$$

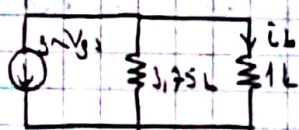
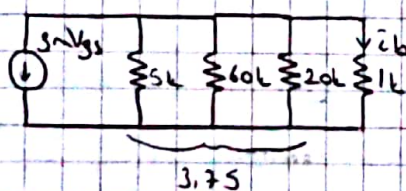
$$V_g = V_{gs} \quad V_s = 250k i + 1k i = 251k i$$

$$V_o = -h_{fe} \cdot i_b \cdot 0,5 = -50 i_b$$

$$V_g = i \cdot 250k = V_s + 1k \cdot i \Rightarrow \frac{V_g}{V_s} = \frac{250k}{251k} \approx 1$$

$$V_b = i_b \cdot h_{ie} = 1k \cdot i_b$$

i_b ile V_{gs} ilişisi



$$-1k i_b = (g_m V_{gs} + i_b) \cdot 3,75k$$

$$-4,75 i_b = 18,75 V_{gs} \quad V_{gs} = -3,84 i_b$$

$$A_v = \frac{-50 i_b}{i_b} \cdot \frac{-3,84 V_{gs}}{V_{gs}} \cdot \frac{250}{251} = \underline{\underline{132}}$$

$$\underline{\underline{R_i = 250k}}$$

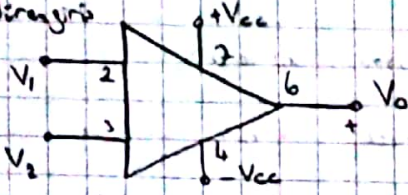
$$A_I = \frac{V_o / 1k}{V_s (1+250)} = \frac{V_o}{V_s} \cdot 251 = A_v \cdot 251 = 48132$$

R_o bulmek

$$V_s = 0 \Rightarrow V_{gs} = 0, g_m V_{gs} = 0, i_b = 0, h_{fe} \cdot i_b = 0 \Rightarrow \underline{\underline{R_o = 1k \Omega}}$$

İşlemsel Yükselticiler

Erken faz
dönüştürücü



Erken faz
dönüştürücü

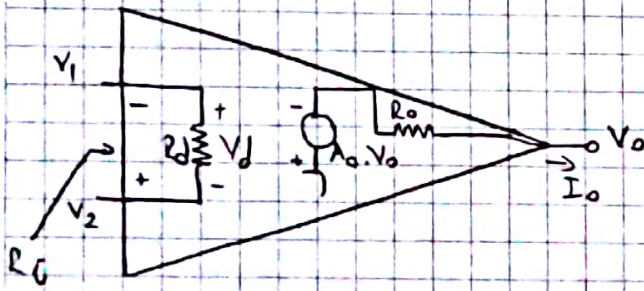
⇒ Çok sayıda elektronik eleman (transistör, direnç, fetc. vb.)
içeren paket halinde getirilmiş bir tıbbi devre (IC: integrated
circuit).

İşlemsel yükselticiler her geçen gün elektronik devrelerin tasarımında
kullanılmaktadır. Uygulama alanları: yükseltici, osilatör, akım kontrol

ve kontrol devreleri, endüstriyel elektronik uygulamaları, bazı matematiksel operasyon
devreleri, tıp elektroniği. Başka kullanımının nedeni sahip olduğu elektriksel özelliklerdir.

İşlemsel Yükselticinin Elektriksel Özellikleri

OP-AMP'ın ∞ kazançla bir devre olarak birlikte çalışır devresi aşağıdaki gibidir.



V_d : farklı gerilimi

A_0 : açık çevrim kazancı

⇒ Esdeğenden yola çıkarak işlemsel yükseltici
ili girişi arasındaki farklı gerilimi V_d , A_0 gibi
büyük bir kazançla karşılamak üzere altıran bir

devre olarak tanımlayabiliriz. Yani OP-AMP sadece bir farklı yükselticidir. Karakteristik değerlerine
bakıldığında giriş direnci sonsuz, çıkış direnci ise sıfır (0) olması nedeniyle ideal bir gerilim
kaynağı olarak düşünülebilir. $R_o = 0$ olması nedeniyle OP-AMP çıkış gerilimi V_o R_L yük
dirençinden bağımsız olur. Bu durum ideal bir gerilim kaynağını ifade eder. OP-AMP'ların giriş
dirençinin sonsuz olması girişi kullanacak olan kaynak yada devrelerin yük çıkarmayacağını
gösterir.

	$R_d (R_i)$	A_o	R_o
tipik	$> 10 M\Omega$	$> 10^5$	$< 10 \Omega$
ideal	∞	∞	0

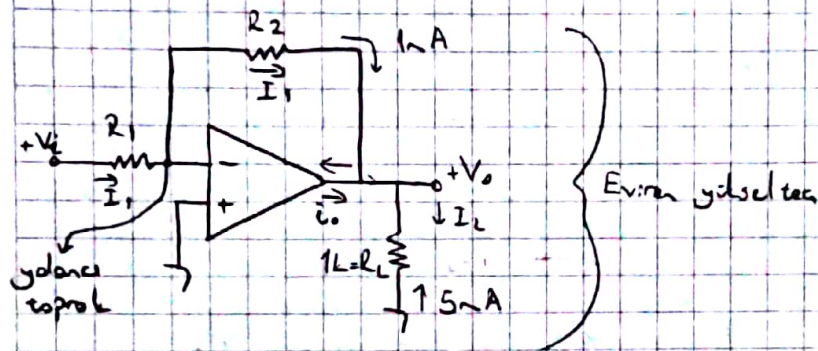
OP-AMP uygulamaları iki grupta toplanabilir

⇒ Doğrusal (Linear, aktif) uygulamalar; eviren ve evirmeyen güçsüzler, toplayıcı, tampon, fark alıcı, türev ve integral alıcı, test ve logaritmik güçsüzler, osilatör.

⇒ Doğrusal olmayan (non-linear) uygulamalar; karşılaştırıcı, schmitt tetikleyici, kare ve üçgen dalga üretici.

⇒ OP-AMP çıkışı herhangi bir "t" anında $|V_o| = |V_{cc}|$ anında OP-AMP doğrusal olur ve lineer bölgenin dışına çıkar, özetle non-linear çalışır.

$$5V \leq V_{cc} \leq 15V$$



faz döndürme anlamına geliyor

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = - \frac{R_2}{R_1}$$

- Gerilim kazancını (A_v) bulunuz.

- $V_i = 1V$, $R_2 = 5k\Omega$, $R_1 = 1k\Omega$ V_o , $i_o = ?$

$$A_v = - \frac{R_2}{R_1} = - \frac{5}{1} = -5 \quad \frac{V_o}{V_i} = -5 \Rightarrow \frac{V_o}{1} = -5, V_o = -5V$$

$$i_o = -I_1 = -\frac{V_i}{R_1} = -\frac{1}{1k} = -1mA$$

- $R_L = 1k$ için V_o , $i_o = ?$

$$V_o = -5V \quad I_L = \frac{V_o}{R_L} = \frac{-5V}{1k} = -5mA \quad i_o = -6mA$$

- $V_i = -1V$ olursa $A_v = \frac{V_o}{V_i} = -5 \Rightarrow V_o = 5V \quad I_L = \frac{V_o}{R_L} = 5mA$

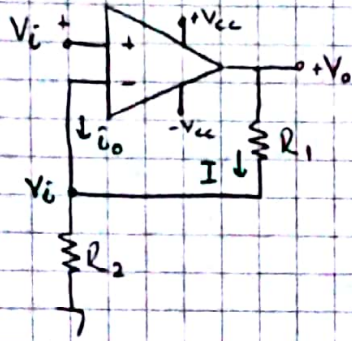
$$I_1 = -1mA \quad I_o = 6mA$$

* i_o her iki yönde de olabilir. $200mA$ 'e kadar çalışabilir.

$$A_v = - \frac{R_2}{R_1}$$

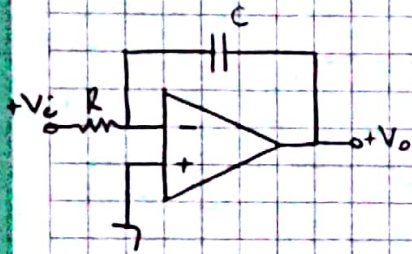
⇒ Bir sistemin girdi devrenin çıkışıyla girişi arasında herhangi bir bağlantı (bu bağlantıyı giriş besleme adı verilir) yoksa sistem açık çevrimde, varsa sistem kapalı çevrim durumundadır.

Bu devrede R_2 direnci giriş besleme sağlanmakta dolayısıyla sistem kapalı çevrimdedir. o nedenle açık çevrim kazancı devrenin kazancında etkili değildir. Yani kazancı R_2 belirler.



$$I = \frac{V_i}{R_2} = \frac{V_o}{R_1 + R_2} \quad A_v = \frac{R_1 + R_2}{R_2} = 1 + \frac{R_1}{R_2}$$

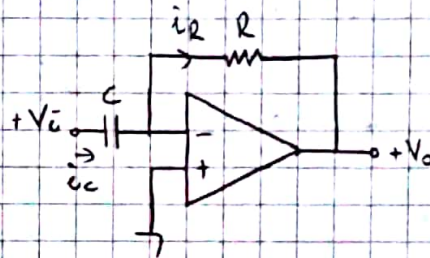
⇒ V_i , V_o aynı fazdadır. Bu devrenin kazancı 1'den büyük olmaz. Kazancı 1'den büyük.



integral alıcı devre

$$i_c = C \cdot \frac{dV_o}{dt} \quad i_c = I_R$$

$$i_R = \frac{V_i}{R} \quad V_o = -\frac{1}{RC} \int V_i \cdot dt$$



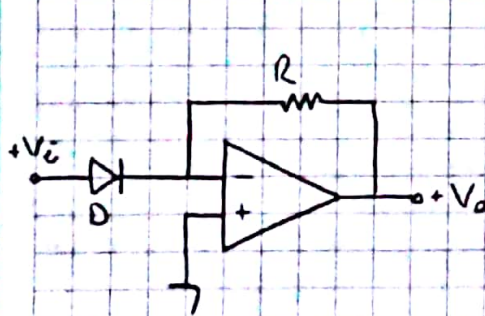
Türev alıcı devre

$$V_L = L \cdot \frac{di}{dt}$$

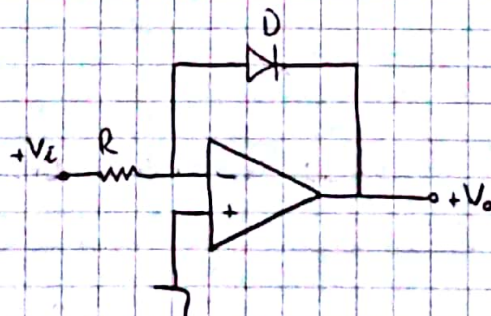
$$i_c = C \cdot \frac{dV}{dt}$$

$$i_c = i_R$$

$$i_R = -\frac{V_o}{R} \quad V_o = -RC \frac{dV_i}{dt}$$



Gerisi a izari, abscol diğer devre 6'lı ifade yapacak logaritma abscol



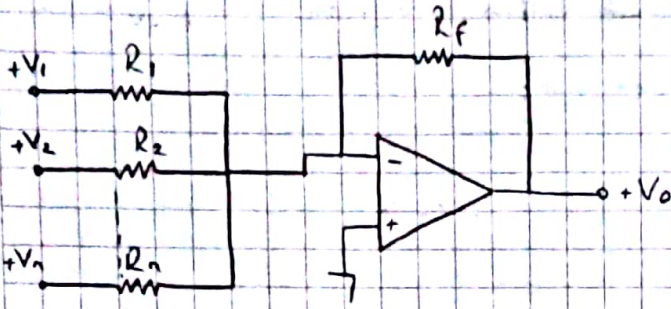
üssel ve logaritmik alıcı

Bu sistemler arasında -1 sinyal edilebilir

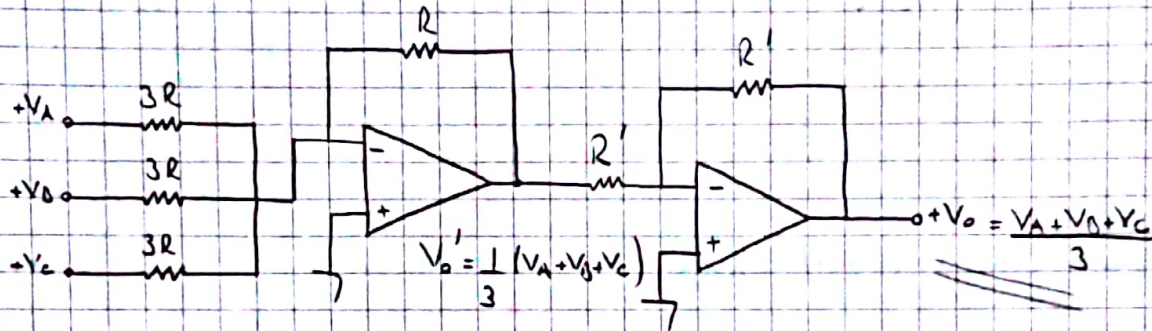
Ör. V_a gerilimin ortalamasını hesaplayan işlemsel yükselteçli devreyi tasarlayınız.

ortalama $V_o = \frac{V_A + V_B + V_C}{3}$

$$V_o = - \left(\frac{R_f}{R_1} V_1 + \frac{R_f}{R_2} V_2 + \dots + \frac{R_f}{R_n} V_n \right)$$

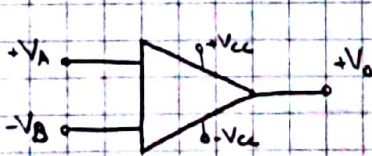


Toplama devresi:



Karşılaştırıcı (Comparator)

V_A ve V_B gibi iki gerilimin büyük yada küçük olduğu karşılaştırıp alıştırta bçik bir karar verir. OP-AMP bu uygulamada aktif sçrin durumunda çalışmakta ve doğrusal bölgenin dışına çıkmaktadır.

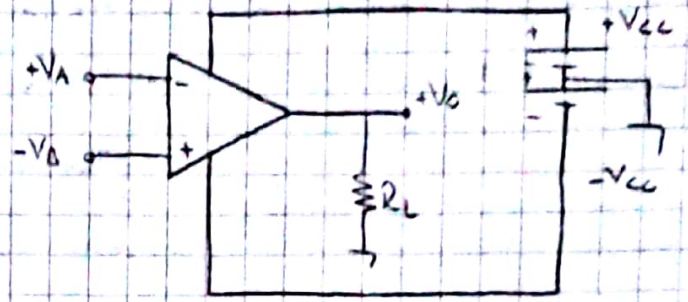
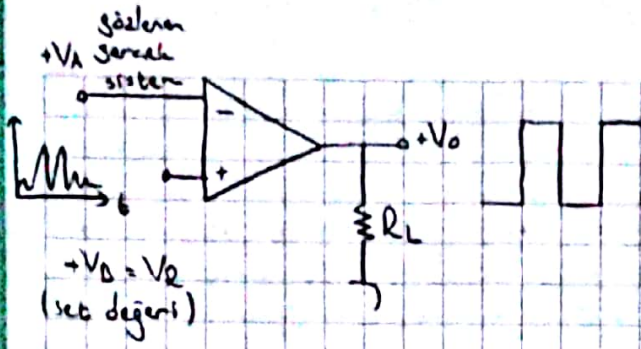


$$V_A > V_B \Rightarrow V_o = -V_{cc} \text{ (logic 0)}$$

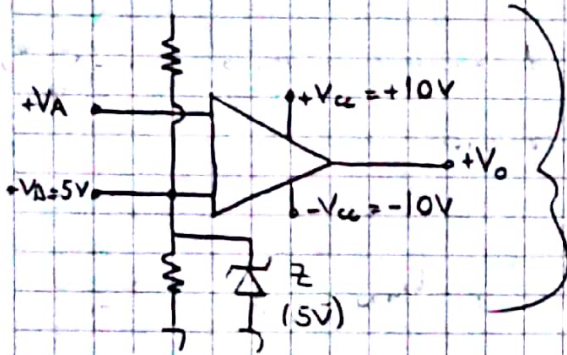
$$V_A < V_B \Rightarrow V_o = V_{cc} \text{ (logic 1)}$$

Bu uygulama endüstriyel sistemlerde fiziksel bir değışimin gözlenmesi ve bu değışimdeki belirlenen bir noktanın (set) aşılıp aşılmadığının bilinmesi ve buna göre de sistemin kontrol edilmesine olanak sağlayan bir devre yapısıdır.

Bu devreyi gerçekleştirerek için girişlerde bir belirlenmiş olan set değeri getirilir. Diğer giriş ise gözlenilen fiziksel değışimin çıkışına bağlanır.

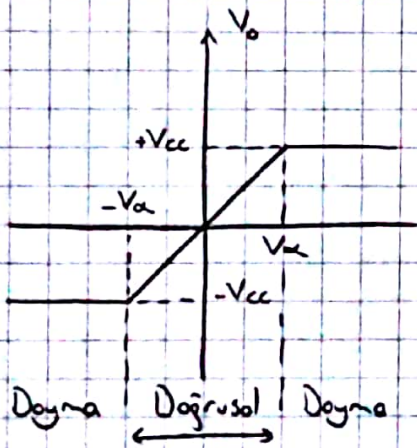


ör:



Referans gerilimi V_B'nin V_{CC} kaynağından sağlanması.

İşlemsel Yükseltecin Geçiş (Transfer) Özelliği



Açık çevrim altında

$$V_O = A_o \cdot V_d$$

V_d = fark gerilimi

V_A: Büyük yada küçük kararın lojik olarak verilebileceği en küçük fark gerilimi.

$$V_{CC} = A_o \cdot V_A \quad V_A = \frac{V_{CC}}{A_o} \rightarrow \text{kazanc}$$

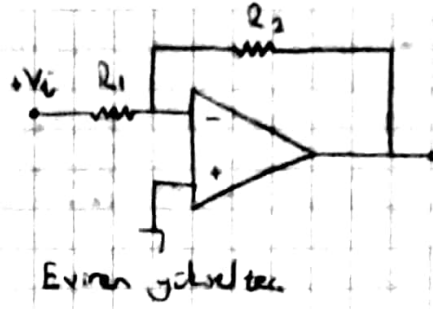
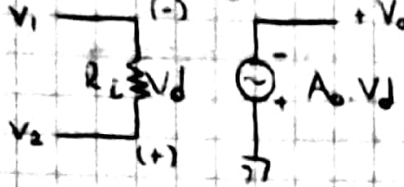
Örneğin $A_o = 10^5$

$V_{CC} = 10V$ seçilirse

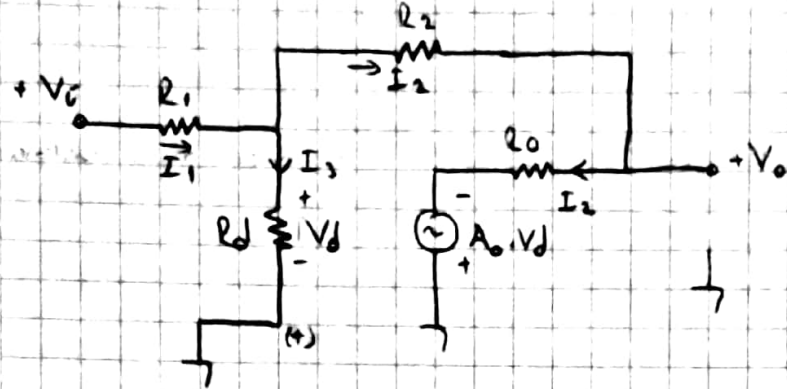
$$V_A = \frac{10}{10^5} = 10^{-4} V = 0,1 mV = 100 \mu V$$

$\Rightarrow A_o$ ve V_{CC} uygun seçilerek fark eşiği olan V_A değeri daha da küçültülebilir.

OP-AMP Esdeğeri



Op-amp esdeğeri kullanılarak evrensel gerilim izleyici ifadesini doğrulayınız.



Op-amp parametreleri

$$R_1 = 10 M\Omega \quad A_v = \frac{V_o}{V_i} \approx -\frac{R_2}{R_1} \text{ değeri}$$

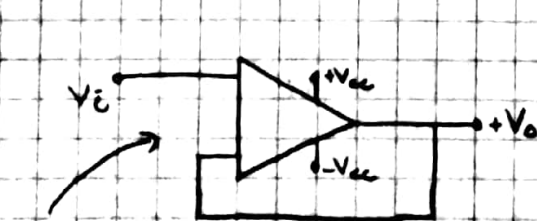
$$R_o = 10 \Omega$$

$$A_o = 10^5$$

R_1, A_o çok büyük, R_o çok küçük

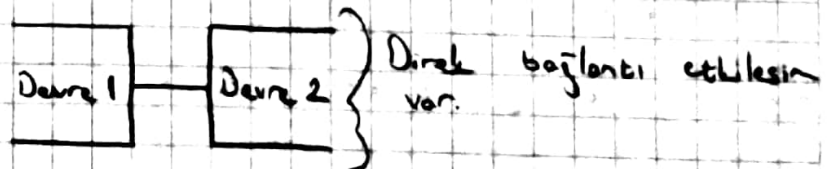
Tampon (Buffer) Gerilim İzleyici

Tampon devresi iki farklı devrenin birbirine bağlanması gerektiğinde devrelerin birbirini etkilemesinin ortadan kaldırılması için ortaya geliştirilmiştir.



$$R_i = R_o \approx \infty$$

$$V_o = V_i \quad A_v = \frac{V_o}{V_i} = 1$$

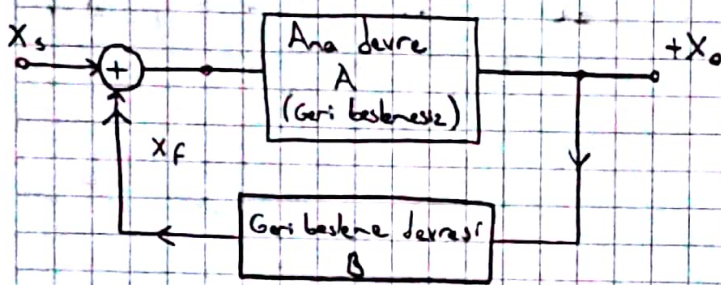


Etkileşim yok

⇒ Tampon R_i ve R_o ı dikkate alınrsa, $R_i \approx \infty$ olması nedeniyle birinci devreden gerilim büyük dirence nedeniyle girilmeden alınıp çıkışa katıpsız bir şekilde ($R_o=0$) aktarmaktadır ve gerilim oranında değiştiirmektedir.

Geri besleme (Feedback)

Geri besleme çeşitli mühendislik dallarında sistem yada devrelere uygulanan bir tekniktir. Çeşitli avantajları nedeniyle kullanılır. Çıkıştan girise doğru bir bilgi alışı sağlanarak yapılır. Bilgi gerilim yada akıdır. Analizleri zordur.



Geri besleneli sistem

X : akım yada gerilim

$$A = \frac{X_o}{X_i} \left\{ \begin{array}{l} \text{Geri beslenmesiz ana devre} \\ \text{kazancı} \end{array} \right.$$

X_f : Geri besleme sinyali

$$\beta = \frac{X_f}{X_o} \left\{ \begin{array}{l} \text{Geri besleme katsayısı} \end{array} \right.$$

⇒ X_f sinyali (-) ise; çıkıştan alınan örnek girisi azaltıcı yönde etkiliyor demektir ve negatif geri besleme olarak bilinir. Eğer (+) ise çıkıştan alınan örnek girisi arttırıcı etki yapıyor olarak gelir ve pozitif geri besleme olarak isimlendirilir. Pozitif geri besleme özel bir durumdur, riskler içerir, daha çok negatif geri besleme kullanılır.

Negatif Geribesleme (ngb)

A_f : geri besleneli sistemin kazancı.

$$A_f = \frac{X_o}{X_s} = \frac{A \cdot X_i}{X_i + X_f} = \frac{A \cdot X_i}{X_i + \beta \cdot X_o} = \frac{A \cdot X_i}{X_i(1 + \beta A)} = \frac{A}{1 + \beta A} \quad X_i = X_s - X_f$$

* negatif geri besleme kazancı düşürür

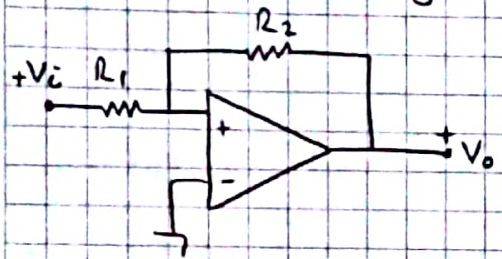
* bant genişliğini artırır

* giriş ve çıkış dirençlerini değiştirilerek arzu edilen değerlere taşınmasına olanak sağlar ve böylece kullanılabilirliği artırır.

* Sistemin kararlı çalışmasına yardımcı olur.

Çıkıştan alınan örnek gerilim yada akım olabilir ve bu örnek gerilim yada akım paralel alınabilir. Dolayısıyla 4 tip ngb devresi ortaya çıkar. Bunlar gerilim-seri, Akım-seri, gerilim-paralel, akım paralel olarak bilinirler. Bu dört tip devrelerin her yapısı kendi analizleri farklıdır. Analiz yapabilmek için geri beslemenin türünün belirlenmiş olması gerekir. Geribesleme devreleri ana devre A, geri besleme devresi β olarak üzere iki bloktan oluşur. Öncelikle bu iki bloğun devrede elemanlarıyla birlikte tespit edilmesi gerekir.

- Devreden gerilim örneği almak için devreye paralel bağlarız. Akım örneği almak ise devreye seri bağlarız.



Bu devre gerilim-paralel negatif geribesleme içindir.

isaret yada oran	Gerilim-seri	Akım-seri	Akım-paralel	Gerilim-paralel
X_o	V_o (gerilim)	I_o (akım)	I_o (akım)	V_o (gerilim)
X_s, X_F X_i	Gerilim	Gerilim	Akım	Akım
A	$A = \frac{V_o}{V_i}$	$G_m = \frac{I_o}{V_i}$	$A_i = \frac{I_o}{I_i}$	$R_m = \frac{V_o}{V_i}$
β	$\frac{V_F}{V_o}$	$\frac{I_F}{I_o}$	$\frac{I_F}{I_o}$	$\frac{I_F}{V_o}$
R_{ic}	→	→	↘	↘
R_{of}	↘	↗	↗	↘

} β 'nin girişi çıkış tarafındadır.

R_{ic} , R_{of} negatif geri besleme uygulaması devresinin geri beslemeli durumdaki giriş ve çıkış dirençleridir. R_{ic} ve R_{of} 'ın arası ve azalma noktaları $(1 + \beta A)$ katı kadar artar yada azalır. β ve A ayarlanabileceğine göre istediğiniz noktada artışı ve azalmayı sağlayabilirsiniz.