

İŞLEM AMPLİFİKATÖRLERİ

Ref. Enstrümantal Analiz

Bir transduserden alınan elektrik sinyali normal halde çok küçüktür, metreler, kaydediciler, ve diğer kısımlara gönderilmeden önce milyon kat kadar kuvvetlendirilmeleri gerekir. Tek kademeli bir kuvvetlendirme nadiren uygun olur, yeterli bir çıkış sadece birkaç kuvvetlendirme kademesiyle sağlanabilir.

İşlem amplifikatörleri adını bu devrelerin, analog bilgisayarlardaki uygulamalarından almıştır. Analog bilgisayarlar, toplama, çıkarma, çarpma, ve integral alma gibi matematiksel hesapların yapılmasında kullanılan elektronik hesap makineleridir. Bu işlemler modern enstrümantasyonda da önemli bir bölümü oluşturur; bu nedenle, işlem amplifikatörleri enstrüman dizaynlarında geniş bir kullanım alanına sahiptir. İşlem amplifikatörlerinden, matematiksel rolünün dışında, hassas voltaj, akım, ve direnç ölçümlerinde de yararlanır. Transduserlerden alınan tipik sinyaller kimyasal ölçmelerde kullanılır.

İşlem amplifikatörleri, enstrümantasyonda geniş bir uygulama alanı olan, bir diferensiyel amplifikatörler sınıfıdır.

Bu aletler çok çeşitli şekillerde dizayn edilirler. Bunların performans özellikleri şöyle sıralanabilir:

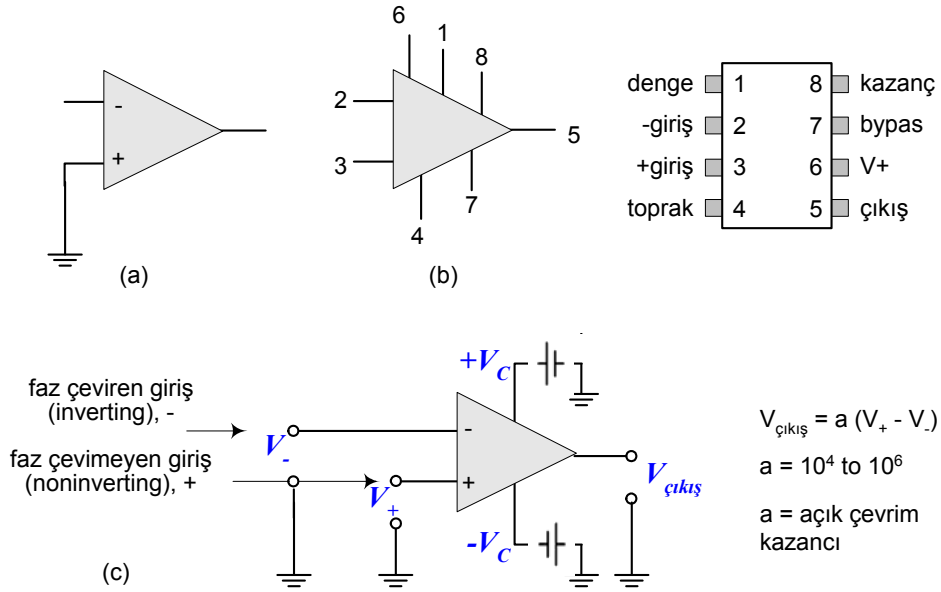
- Büyük kazanç (amplifikasyon) (10^4 - 10^6 kez).
- Yüksek giriş impedansı (10^{12} Ω veya daha büyük).
- Düşük çıkış impedansı (tipik olarak 1-10 Ω).
- Sıfır giriş için sıfır çıkış (ideal olarak < 0.1 mV çıkış).

İşlem amplifikatörlerinin çoğu, devre özellikleri veya parçaların kararsızlıkları nedeniyle, sıfır giriş için küçük bir çıkış voltajı gösterirler. Bir işlem amplifikatörünün "engel voltajı", sıfır çıkış voltajı alınması için gereken giriş voltajıdır. İşlem amplifikatörlerine, çoğu zaman, bir "denge" ayarı konularak engel değeri çok küçültülür.

İşlem amplifikatörlerinde dirençler, kapasitörler, ve transistörler içeren birkaç kuvvetlendirme kademesi bulunur. Bunların dizaynında iç negatif geri besleme devreleri çok kullanılır. İlk yapılan işlem amplifikatörlerinde vakum tüpleri kullanılmıştır. bu nedenle üretilen aletler büyük ve pahalı idi. Modern ticari işlem amplifikatörleri ise çok incedir; bir tarafı 0.05 inç kadar kalınlıkta olan tek bir ince silikon çipten yapılmaktadır. Çip yüzeyi üzerinde fotolitografik teknikle dirençler, kapasitörler, ve transistörler oluşturulur. Bağlantılar yapıldıktan sonra amplifikatör 1 cm (veya daha küçük) boyutlarındaki plastik bir kasa içine yerleştirilir; pakette güç kaynağı bulunmaz.

Günümüzdeki ampflifikatörler hem çok küçük ve sağlam hem de pahalı değildir. Kazanç, giriş ve çıkış impedansı, çalışma voltajları, ve maksimum gücü farklı pek çok ampflifikatör bulunmaktadır.

İşlem Amplifikatörlerin Sembolleri



İşlem amplifikatörü sembolleri

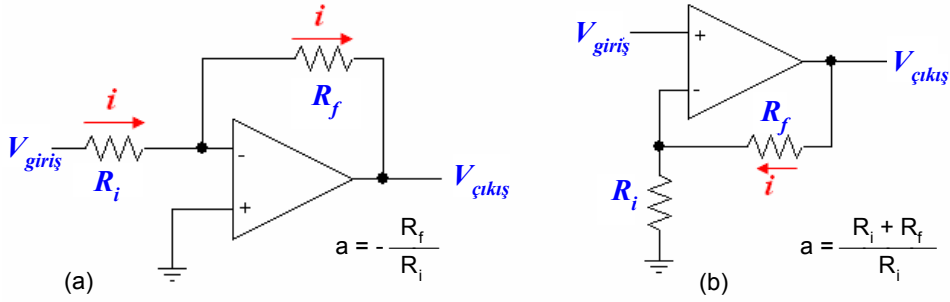
İşlem amplifikatörleri devre diyagramlarında bir üçgenle gösterilir; üçgende, en az bir giriş, bir çıkış ve bir toprak uç bulunur (Şekil-a).

Şekil-b'de bir amplifikatörün tüm uçları ve bunların tanımları verilmiştir. Şekil-c'de detaylı bir sembol görülmektedir; bu tip sembollere nadiren rastlanır. Burada güç kaynağı bağlantıları da gösterilmiştir; oysa güç kaynağı girişi sembolde verilmez, ama olduğu kabul edilir.

En çok karşılaşılan işlem amplifikatör sembolü Şekil-a'da görülen tiptedir; burada çevirmeyen uç (+ ile gösterilmiştir) topraklanmıştır. Giriş ve çıkış potansiyelleri toprağa göredir.

Çeviren (Inverting) ve Çevirmeyen (Noninverting) Uçlar

"Pozitif ve negatif işaretler", amplifikatörün "çeviren ve çevirmeyen uçlarını" gösterir, fakat bunların pozitif ve negatif girişlere bağlı olduğunu göstermez. Bir bataryanın negatif ucu, negatif veya çeviren uca bağlanmışsa, amplifikatörün çıkışı ona göre pozitifdir; tersine, bataryanın pozitif ucu amplifikatörün negatif ucuna bağlanmışsa, çıkış negatif olur. Çeviren uçtaki bir AC sinyali "180 derece düzlem dışı" bir çıkış verir. Bir amplifikatörün pozitif ucu ise bir faz-ıçık çıkış sinyali veya girişle aynı polaritede bir DC sinyali oluşturur.



(a) faz çeviren amplifikatör devresi, (b) faz çevirmeyen amplifikatör devresi

Topraklama Bağlantıları

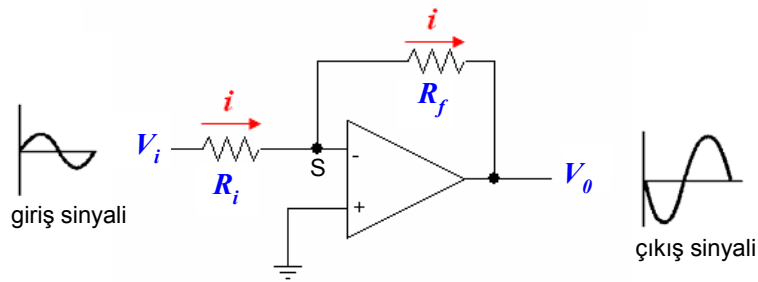
Elektronik devrelerde, normal olarak, her sinyal kaynağının bir ucu ve güç kaynağını birleştiren düşük-dirençli bir tel veya ince bir yaprak bulunur; devrenin diğer bileşenleri bu basit hatta bağlanabilir, buna sistemin "toprağı" denir. Toprak, tüm akımların kaynaklarına geri dönmesini sağlar. Bu nedenle devredeki tüm voltajlar toprak referansına göredir; kaynağının ucu doğrudan doğruya toprağa bağlanır; bu durum şekillerde alt kısımda küçük üç paralel çizgiyle gösterilir. Giriş ve çıkış sinyallerinin birer uçları ve transistörün çevirmeyen ucu da, aynı şekilde topraklanır, bu nedenle de toprak potansiyelindedirler.

İşlem Amplifikatörlerinin Kullanıldığı Devreler

İşlem amplifikatörleri, kapasitörler, dirençler, ve diğer elektriksel bileşenlerin çeşitli şekillerde birarada bulunduğu devre ağlarında kullanılır. İdeal koşullar altında amplifikatörün çıkışını devre ağı ve devredeki bileşenler belirler, çıkış "işlem amplifikatörünün kendisine bağımlı değildir". Bu nedenle, işlem amplifikatörlerinin kullanıldığı bazı devre ağlarını incelemek yararlı olacaktır.

Negatif Geribesleme Devreleri

Şekilde bir işlem amplifikatörünün kullanıldığı bir çevirmenin devre diyagramı verilmiştir. Kuvvetlendirilmiş V_0 çıkışı V_i girişine göre 180 derece faz dışındadır. Çıkışın bir kısmı R_f direnci üzerinden geri beslenmektedir; Faz kayması nedeniyle, geribesleme negatiftir. Bu sistem, işlem amplifikatörlü tüm devre ağlarında bulunur.



Negatif geri beslemeli inverting devre

Amplifikatörünün kazancı a , aşağıdaki eşitlikle verilir.

$$a = \frac{V_0}{V_+ - V_-}$$

Artı üç topraklanmış olduğundan, $V_+ = 0$ dir; bu durumda, $V_s = V_-$ olacağından kazanç, a ,

$$a = - \frac{V_0}{V_s} \quad \text{dir.}$$

negatif geri besleme devrenin özellikleri Kirchhoff akım kanununa göre,

$$i_i = i_s + i_f$$

Bir işlem amplifikatörünün impedansı daima çok yüksektir, yani, $i_s \ll i_f$ dir, ve,

$$i_i \cong i_f$$

olur. Bu eşitliğe Ohm kanunu uygulanarak aşağıdaki ifade yazılır.

$$\frac{V_i - V_s}{R_i} = \frac{V_s - V_0}{R_f}$$

Amplifikatörün kazancı

$$V_0 = \frac{-V_i (R_f / R_i)}{1 + (1 + R_f / R_i) / a}$$

Bir işlem amplifikatörü için a çoğu zaman 10^4 den büyüktür. R_f ve R_i değerleri de R_f / R_i oranı 100 den küçük olacak şekilde seçilir. Bu durumda, normal koşullar altında $(1 + R_f / R_i) / a \ll 1$ olacağından, yukarıdaki ifade sadeleşir,

$$V_0 = -V_i \frac{R_f}{R_i}$$

Buna göre, yüksek-kazançlı bir amplifikatör kullanıldığında ve R_f / R_i çok büyük olmadığında, şekildeki devreden alınan kazanç sadece R_f / R_i oranına bağlıdır ve amplifikatörün kazancı a 'daki "dalgalanmalardan etkilenmez".

Negatif geri beslemeli inverting devredeki S noktasındaki voltaj (toprağa göre) V_i veya V_0 ile kıyaslandığında ihmal edilebilir bir düzeydedir. Bu yorum sadece $V_s \ll V_0$ ve V_i olduğu zaman doğrudur. Böylece S noktasındaki potansiyel toprak po-

tansiyeline yaklaşır, ve S noktasına devredeki "fili (gerçek) toprak" denir. S noktası ve toprak arasındaki etkin impedans Z_s aşağıdaki gibi saptanır. Bu değer,

$$Z_s = \frac{V_s}{i_i}$$

eşitliği ile verilir. $i_i = i_f$ olduğuna göre,

$$i_i = i_f = \frac{V_s - V_0}{R_f}$$

bağıntısı yazılır ve iki eşitlik birleştirilir.

$$Z_s = \frac{V_s R_f}{V_s - V_0} = \frac{R_f}{1 - V_0 / V_s}$$

Daha önce görüldüğü gibi paydadaki ikinci terim amplifikatör kazancı a ya eşittir.

$$Z_s = \frac{R_f}{1 + a}$$

Tipik değerler R_f için $10^5 \Omega$, a için 10^4 dür. Bu durumda, S ve toprak arasındaki impedans 10Ω olur. Devrenin bu özelliği akım ölçmesinde önemlidir.

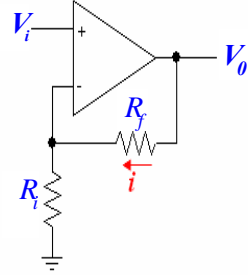
Pozitif Geribeslemeli Devreler

Bu ampifier inverting ampliire benzer; fark sinyali dönüştürmemesidir. Kazanç aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$i = \frac{V_i}{R_i}$$

$$V_0 = V_i + i R_f$$

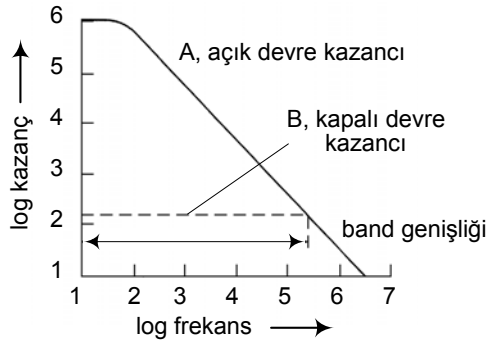
$$V_0 = V_i \left(1 + \frac{R_f}{R_i} \right)$$



Pozitif geribeslemeli devre

Negatif Geribesleme Devresinin Frekans Responsu (Tepkisi)

Tipik bir işlem amplifikatörünün kazancının responsu yüksek-frekanslı giriş sinyallerinde hızla düşer. Frekansa karşı olan bu bağımlılık pn bağlantılarında oluşan küçük kapasitanslardan dolayıdır. Tipik bir amplifikatör için gözlenen etki aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.



Tipik bir işlem ampliferinin frekans responsu

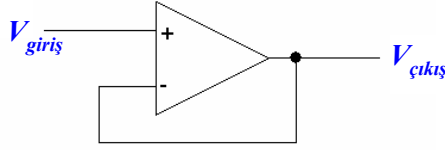
Şekilde "açık-devre kazancı" olarak işaretlenmiş eğri, amplifikatörün negatif geri beslemeli inverting devredeki "geribesleme direnci R_f 'nin bulunmadığı" haldeki davranışını gösterir. Absis ve ordinat eksenlerinin logaritmik skalada olduğunu ve bu özel amplifikatör için açık-devre kazancının, 100 Hz den büyük frekanslarda hızla düştüğünü belirtmek gerekir.

Dış negatif geribeslemenin bulunduğu bir işlem amplifikatörünün kazancı veya "band genişliği", negatif geri beslemeli inverting devredeki örneğin tersine, DC den 10^5 Hz e kadar uzanan bir bölgede sabittir. Bu bölgede, kazanç sadece R_f / R_i ye bağımlıdır. Pek çok amaçlar için, negatif geribesleme çevirme devresinin frekanstan bağımsız olması çok önemlidir.

Voltaj - İzleyici Devresi

Aşağıda bir "voltaj-izleyici" devre görülmektedir. Devrede, giriş "çevirmeyen" uca bağlanmıştır ve bir çeviren uçla bağlantılı bir geribesleme devresi vardır. Böylece hazırlanan kazancı 1 kadar olan bir amplifikatördür. Giriş değiştirilmediği için,

çıkış potansiyeli girişle aynıdır. Giriş impedansı,amplifikatör için açık-devre impedansıdır, ve bir alan etki transistörü kullanıldığında çok büyük ($100 \text{ M } \Omega$) olur. Çıkış impedansı ise düşüktür ($<1 \text{ } \Omega$). Daha sonraki kısımlarda görüleceği gibi, düşük impedanslı aletlerle yüksek-impedans kaynaklarının ölçülmesinde bu impedans dönüşümü değerli bir özelliktir.



Voltaj izleyici devre

Transduser Sinyallerinin Kuvvetlendirilmesi ve Ölçülmesi

İşlem amplifikatörlerinin genel uygulama alanı transduserlerden çıkan elektrik sinyallerini kuvvetlendirmek ve ölçmektir. Bu sinyaller, çoğunlukla, konsantrasyona bağımlıdır ve akım, potansiyel, ve direnci (veya iletkenliği) kapsarlar. Bu kısımda, işlem amplifikatörleri ile bu sinyal tiplerinin ölçülmesi basit örneklerle açıklanacaktır.

Akım Ölçülmesi

Voltammetre, fotometre, ve gaz kromatografisi gibi analitik yöntemlerdeki küçük akımların doğru olarak ölçülmesi çok önemlidir.

Akımın da bulunduğu tüm fiziksel ölçmelerde, ölçme işleminin kendisi ölçülecek sinyali önemli derecede değiştirerek hataya neden olur. Herhangi bir ölçme işleminin ölçümün yapılacağı sistemin özelliğini, gerçek değerinden farklı bir değer elde edilecek şekilde bozması kaçınılmaz bir olaydır. Bu nedenle bazı önlemlerle bu bozulmanın en az seviyede olması sağlanmalıdır. Bir akım ölçülmesinde, ölçme aletinin iç direncinin küçük olması gerekir.

Bir düşük-dirençli akım ölçme aleti, negatif geri beslemeli inverting devredeki R_i direncinin çıkarılıp yerine sinyal girişi olarak ölçülecek akımın konulmasıyla hazır-

lanır. Bu tip bir sistem Şekil-16'da görülmektedir. Burada bir fototüple küçük bir I_x doğru akımı yaratılır, fototüp ışık gibi bir ışın enerjisini elektrik akımına çeviren bir transdüserdir. Fototüpün katoduna -90 V dolayında sürekli bir potansiyel uygulandığında, katot yüzeyinde absorblanan ışın elektron çıkışına neden olur; bu elektronlar tel anoda doğru hızlandırılırlar; böylece ışın demetinin gücü ile doğru orantılı bir akım oluşur. Bu devre için, 4.2. kısımdaki yorumlara göre, aşağıdaki eşitlik yazılabilir.

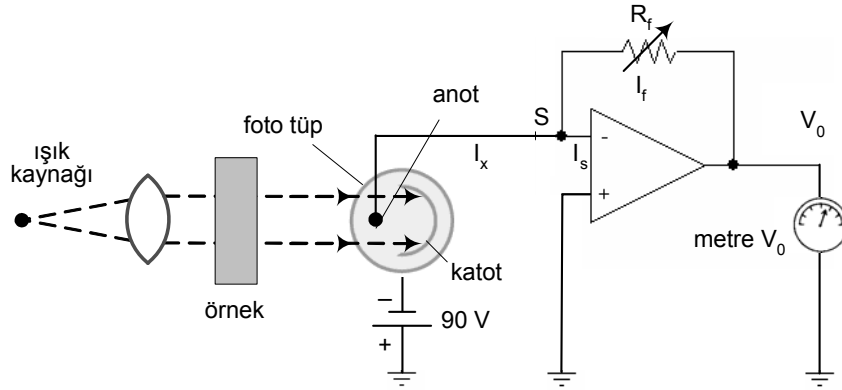
$$I_x = I_f + I_s \cong I_f$$

Ayrıca, S noktası fiili topraktır ve bu durumda V_0 potansiyeli R_f direncindeki potansiyel düşmesini gösterir. Ohm kanununa göre,

$$V_0 = - I_f R_f = - I_x R_f$$

$$I_x = - \frac{V_0}{R_f} = k V_0$$

eşitlikleri yazılır. Böylece, R_f bilinirse V_0 potansiyel ölçümünden akım bulunur. R_f çok büyük yapılarak küçük akım ölçmelerinin hassasiyeti artırılabilir. Örneğin, $R_f = 100 \text{ k } \Omega$ ise, $1 \text{ } \mu\text{A}$ 'lık bir akım 0.1 V potansiyel yaratır, bu değer ise çok doğru olarak ölçülebilir.



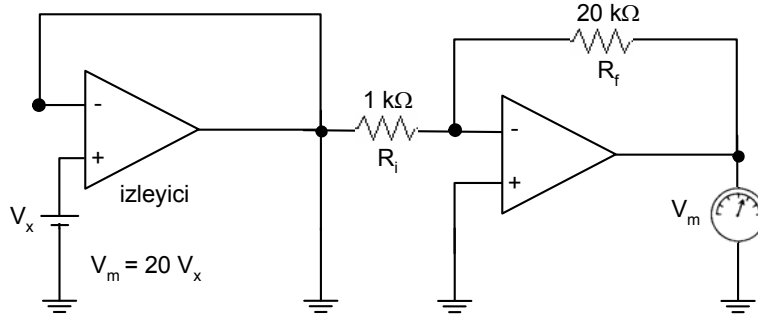
Bir çözültiden geçen ışının zayıflamasını ölçen bir fotometrenin şematik görünümü

Şekilde görülen devrenin önemli bir özelliği transduserdeki düşük direncidir; bu ölçülen hatayı en aza indirir. S, fiili toprak noktası olduğundan, ölçme aletinin direnci de küçük olur.

Potansiyel Ölçülmesi

Potansiyel ölçülmesi, sıcaklık ölçülmesinde ve bir çözeltideki iyonların konsantrasyonu tayin için çok kullanılan bir yöntemdir. Birinci uygulamada transdüser bir termokupldur, ikincide bir çift elektrodur.

Doğru potansiyel ölçmeleri için ölçme aletinin direncinin, ölçülecek voltaj kaynağının iç direncine göre daha büyük olması gerekir. Bu yüksek-dirençli ölçme aleti, özellikle, cam elektrodla pH ölçülmesinde çok önemlidir. Bu nedenle, negatif geri beslemeli iç direnci $10^5 \Omega$ kadar olan temel çevirme devresi voltaj ölçümleri için yeterli değildir. Bu devre voltaj-izleyici devreyle birleştirilerek çok-yüksek impedanslı bir voltaj ölçme aleti yapılabilir. Böyle bir devre aşağıdaki şekilde gösterilmiştir. Birinci kademe bir voltaj-izleyicidir, impedansı $10^{12} \Omega$ dur. Bunu takibeden devre bir çevirme amplifikatör devresidir; burada giriş R_f / R_i kadar veya 20 kat kuvvetlendirilir. $100 \text{ M } \Omega$ 'luk (veya daha büyük) bir direncin bulunduğu amplifikatöre "elektrometre" denir.



Yüksek impedanslı bir voltaj ölçme devresi

Direnç veya İletkenlik Ölçülmesi

Elektrolitik hücreler ve sıcaklığa-hassas aletler (termistörler ve bolometreler gibi), elektrik direnci veya iletkenliği bir kimyasal sinyale göre değişen transduserlerdir. Bunlar kondüktometrik ve termometrik titrasyonlarda, infrared absorpsiyon ve emisyon yöntemlerinde, ve analitik ölçmelerdeki sıcaklık kontrollerinde kullanılırlar.

Negatif geri beslemeli bir inverting devre bir transduserin direncini veya iletkenliğini ölçmede kullanılabilir. Burada, V_i için sabit bir potansiyel kaynağından yararlanılmıştır. Transduser, devredeki R_i veya R_f den birinin yerine konulur. Kuvvetlendirilmiş çıkış potansiyeli V_0 uygun bir metre, potansiyometre, veya kaydedici ile ölçülür.

Direnç yerine iletkenliğin ölçülmesi istendiğinde

$$\frac{1}{R_x} = G_x = - \frac{V_0}{V_i R_f} = k' V_0$$

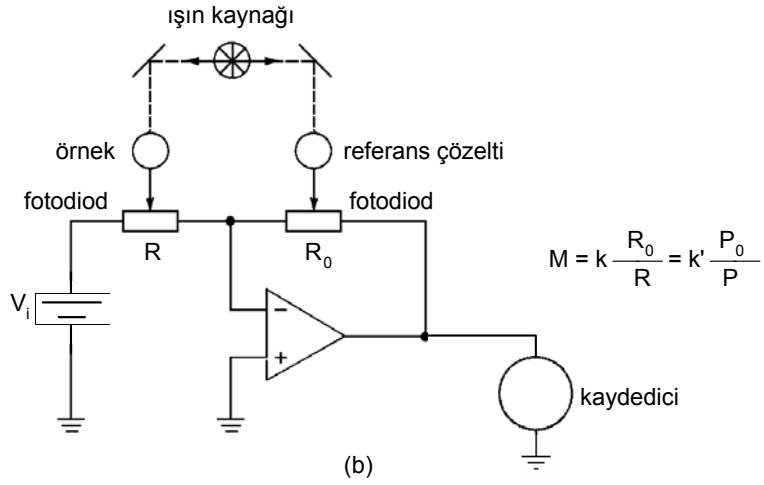
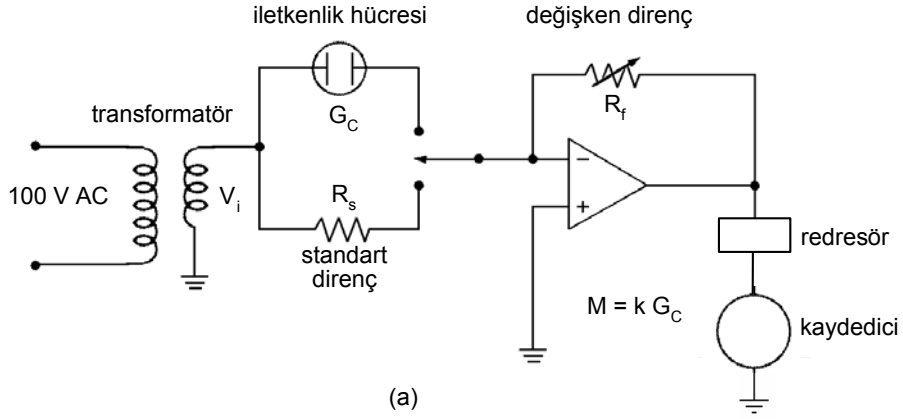
eşitliği kullanılır. G_x , istenilen iletkenliktir. Her iki tip ölçmede de k 'nın değeri, dolayısıyla ölçülen değerlerin aralığı R_i ve R_f gibi değişken bir dirençle değiştirilebilir.

İletkenlik veya direnç ölçmesinde kullanılan işlem amplifikatörlerinin iki basit uygulaması Şekil-18'de verilmiştir. (a) 'daki, diagram bir kondüktometrik titrasyon hücresinin iletkenliğinin ölçülmesini gösterir. Buradaki 5-10 V kadarlık v_i alternatif akım sinyali bir filament transformatorün ikincil devresinden alınır. Çıkış sinyali sonra doğrultulur ve potansiyel olarak ölçülür. Değişken R_f direnci, kaydedilen veya okunan iletkenlik aralığını değiştirmede kullanılır. Kalibrasyon, devredeki iletkenlik hücresi yerine standart R_s direncinin konulmasıyla yapılır.

Aşağıdaki şekilde, dirençlerin veya iletkenliklerin bir oranını ölçmek için negatif geri beslemeli bir inverting devrenin nasıl uygulanacağı gösterilmiştir. Burada, bir örneğin enerji absorpsiyonu, bir referans çözeltininiki ile kıyaslanır. Negatif geri beslemeli inverting devredeki R_f ve R_i yerine iki fotoiletken transduser konulur. Güç kaynağı olarak bir batarya kullanılır ve çıkış potansiyeli aşağıdaki şekilde verilir.

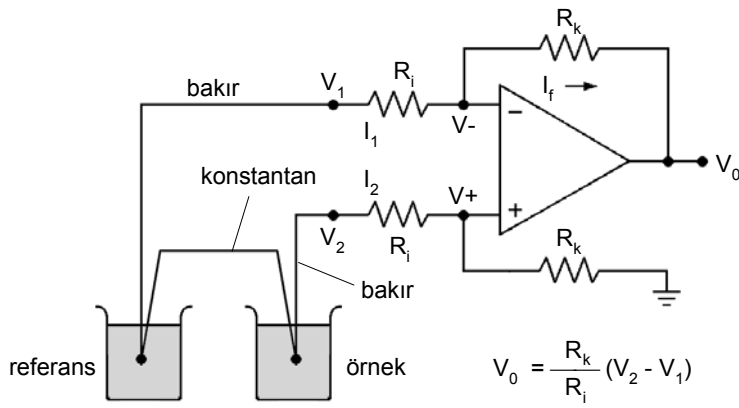
$$M = k \frac{R_0}{R} = k' \frac{P_0}{P}$$

Bir fotoiletken hücrenin direnci, kendisine çarpan ışının gücü P ile doğru orantılıdır. Bu nedenle, metrede okunan değeri iki demetin güçleri ile orantılı olur.



Transduser Çıktılarının Kıyaslaması

Çoğu zaman bir analitin yarattığı sinyalin referans bir sinyale karşı kıyaslanması istenir. Bu amaçla, bir fark amplifikatörü de kullanılabilir. Burada amplifikatör sıcaklık ölçer. İki giriş direnci (R_i) eşittir; benzer şekilde, geribesleme direnci ve çevirmeyen uç ile toprak arasındaki direnç de birbirinin aynisidir (her ikisi de R_k ile gösterilmiştir).



Bir fark amplifikatörü

Şekildeki devreye Ohm kanunu uygulanarak aşağıdaki eşitlikler yazılır.

$$I_1 = \frac{V_1 - V_-}{R_i}$$

$$I_f = \frac{V_- - V_0}{R_k}$$

Fakat Denklem(5) a göre I_1 ve I_f birbirine eşittir. Bu durumda,

$$\frac{V_1 - V_-}{R_i} = \frac{V_- - V_0}{R_k}$$

S noktası fiili toprakta olduğundan şekildeki devreye uygulanabilir,

$$V_- = -V_+$$

Bu bağıntı bir önceki denklemde yerine konular ve eşitlik düzenlenerek $-V_+$ bulunur.

$$-V_+ = \frac{V_1 R_k + V_0 R_i}{R_1 + R_k}$$

V_+ potansiyeli, voltaj-bölücü denkleminde yararlanılarak V_2 terimiyle de yazılabilir.

$$-V_+ = \frac{V_2 R_k}{R_1 R_k}$$

Son iki denklem birleştirilir ve düzenlenerek V_0 çıkarılır.

$$V_0 = \frac{R_k}{R_1} (V_2 - V_1)$$

Buna göre, kuvvetlendirilen sinyal, iki sinyal arasındaki farktır.

"İki giriş ucuna verilen" herhangi bir dış potansiyel yok edilmiştir ve çıkışta görülmez. Yani, transdüslerin çıkışındaki herhangi bir hafif sürüklenme veya laboratuvar güç kaynaklarından alınan 60 sayıklık akımlar V_0 'dan çıkarılacaktır. Bu çok faydalı özellik cihazların birinci amplifikatör devresinde diferensiyel devrelerin kullanılmasını yaygınlaştırmıştır.

Şekilde görülen transdüserler, biri örnek diğeri referans çözeltilere (sabit sıcaklık-taki) daldırılmış bir çift "termokupl bağlantı" dır. Bakır ve konstantan denilen bir alışım telin birleştirilmesiyle oluşturulan iki bağlantının her birinde sıcaklığa-bağımlı bir bağlantı potansiyeli doğar (Aynı amaçla başka metal çiftleri de kullanılabilir). Doğan potansiyel her 100°C 'lik sıcaklık farkı için kabaca 5 mV kadardır.

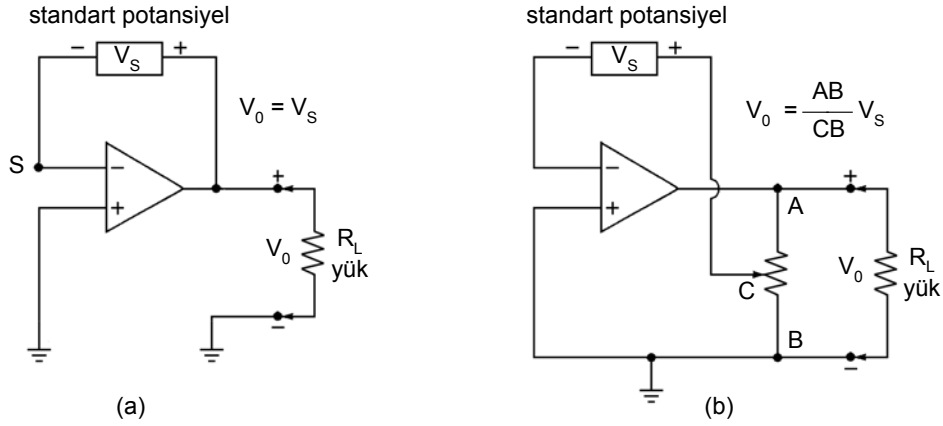
İŞLEM AMPLİFİKATÖRLERİNİN BAZI KULLANIM ALANLARI

İşlem Amplifikatörünün Sabit Voltaj Kaynağı Olarak Kullanımı

Çeşitli enstrumantal yöntemlerde, potansiyeli hassas olarak bilinen ve potansiyel değişikliğine neden olmadan uygun akımların alınabildiği bir güç kaynağına gereksinim olur. Bu özellikleri gösteren bir devreye "potansiyostat" denir.

Tam olarak doğru bir voltajın alınabileceği bazı referans hücreler vardır. Bunlardan biri Weston hücresidir. Bu kaynaklardan hiç biri, akım çekildiği zaman, mevcut potansiyellerini devam ettiremezler.

Şekilde, büyük akımlar çekildiği zaman bir Weston hücresi veya diğer bir referans hücrenin standart bir voltaj kaynağı olarak kullanılışı gösterilmektedir. Her iki devrede de standart kaynak bir işlem amplifikatörünün geribesleme devresindedir. Şekil-a'daki S noktası fiili topraktır. Bu nedenle $V_0 = V_{Std}$ dir. Yükteki akım da $I_{R_L} = V_{Std}$ olmalıdır.



Weston hücresi veya bir referans hücrenin standart bir voltaj kaynağı olarak kullanılışı

Bu akım "standart hücre" den değil, işlem amplifikatörünün güç kaynağından doğar. Böylece, standart hücre, içinden önemli bir akım geçmeden, V_0 'ı kontrol eder.

Şekil-b'deki devre, (a) 'daki devrenin kısmen değiştirilmiş bir halidir. Bunda potansiyostatın çıkış voltajı, standart hücrenin çıkış voltajının bilinen bir katı kadarki bir seviyede sabit tutulur.

İşlem Amplifikatörünün Sabit Akım Kaynağı Olarak Kullanımı

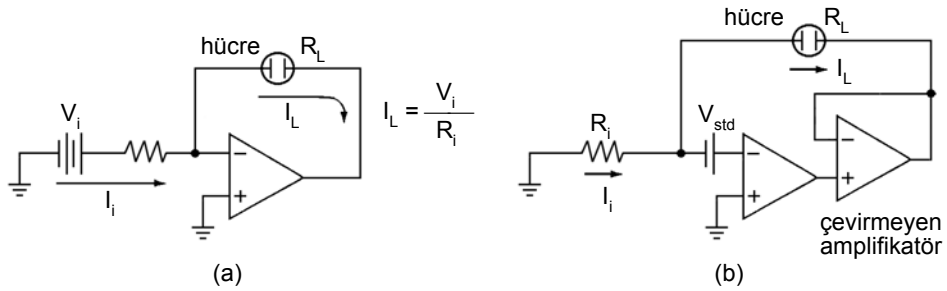
Sabit akım kaynaklarına "amperostatlar" denir; bunlar çeşitli analitik cihazlarda kullanılır. Bu aletler bir elektrokimyasal hücreden sabit akım geçişini sağlarlar. Bir amperostat, giriş gücündeki bir değişikliğe engel olur veya hücrenin iç direncindeki bir değişikliği, hücrenin çıkış potansiyelini önceden belirlenen seviyede akım alınabilecek şekilde değiştirerek, önler.

Şekilde iki amperostat görülmektedir. Birinci devrede voltaj girişi V_i dir. Daha önceki bilgilere göre,

$$I_L = I_i = \frac{V_i}{R_i}$$

Böylece, akım sabit olur ve hücrenin direncinden bağımsızdır, bu durumda V_i ve R_i sabit kalır.

Şekil-b, sabit akımın sağlanması için standart bir hücrenin (V_{std}) bulunduğu bir amperostat devresini gösterir; standarttan çekilen akım önemsizdir. Çevirmeyen voltaj yükseltici amplifikatör hücreden oldukça büyük akımlar geçmesini sağlar.



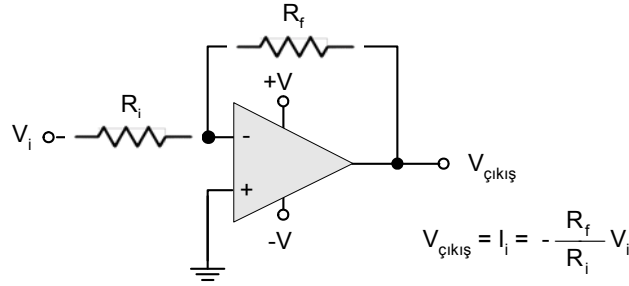
İki amperostat devresi şeması

Matematiksel İşlemler

Negatif geribeslemeli inverting bir devrede R_i ve R_f yerine çeşitli dirençler ve kapasitörler konularak giriş sinyalinde çeşitli matematik işlemler yapılabilir. Çoğu zaman, analit konsantrasyonu çıkış ile daha kolay ilişkiye sokulabilir.

Bir Sabitle Çarpma ve Bölme

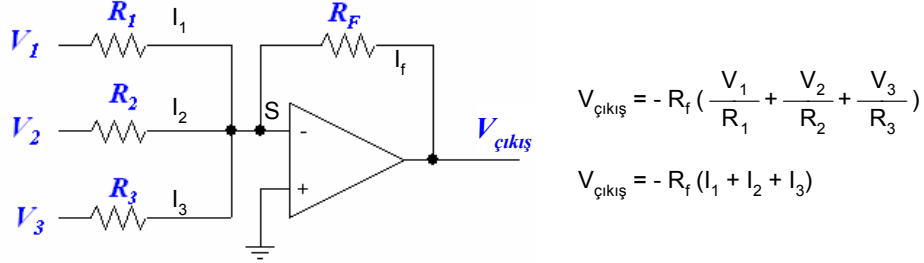
Aşağıdaki şekil, V_i giriş sinyalinin $-R_f / R_i$ büyüklüğündeki bir sabitle nasıl çarpıldığını göstermektedir. Bu oran birden küçük olursa işlem, sinyalin bir sabitle bölünmesine eşit olur.



Çarpma veya bölme işleminde kullanılan bir amplifikatör devresi

Toplama İşlemi

Şekildeki devrede bir işlem amplifikatörünün birkaç giriş sinyalinin toplamı olan bir çıkış sinyali vermesi için nasıl kullanıldığı gösterilmiştir. S noktası fiili toprakta bulunur. Bu durumda çeşitli giriş sinyalleri birbirine girişim yapmaz; hepsi bağımsız olarak fiili toprağa akar. Böylece S'deki akım tek tek akımların toplamıdır. Amplifikatörün impedansı büyük olduğundan, yine de,



Toplama amplifikatör devresi

$$I_f = I_1 + I_2 + I_3$$

$$I_f = - \frac{V_{\text{çıkış}}}{R_f}$$

olduğundan, $V_{\text{çıkış}}$,

$$V_{\text{çıkış}} = -R_f (I_1 + I_2 + I_3 + I_4)$$

$$V_{\text{çıkış}} = -R_f \left(\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \frac{V_3}{R_3} \right)$$

Eğer üç giriş direnci ve geri besleme direnci aynı ise ($R_f = R = R_1 = R_2 = R_3$), çıkış potansiyeli, dört giriş potansiyelinin toplamına eşittir.

$$V_0 = V_1 + V_2 + V_3$$

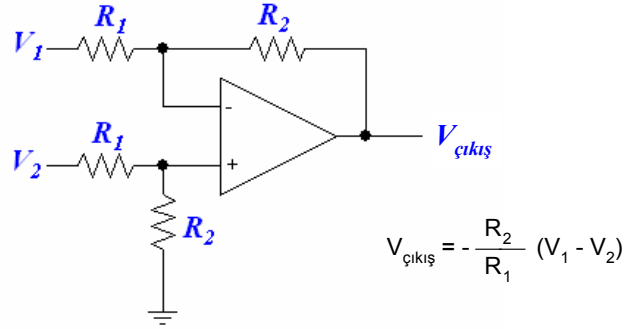
Diğer ilginç bir durum da $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 3 R_f$ olduğu zaman ortaya çıkar.

$$V_{\text{çıkış}} = - \frac{R}{3} \left(\frac{V_1}{R} + \frac{V_2}{R} + \frac{V_3}{R} \right) = \frac{V_1 + V_2 + V_3}{3}$$

ve çıkış üç sinyalin "ortalamasını" verir. Giriş dirençlerinin değerleri değiştirildiğinde bir ağırlık ortalamasının elde edileceği açıktır.

Çıkarma (veya Fark) İşlemi

Çoğu zaman bir analitin yarattığı sinyalin referans bir sinyale karşı kıyaslanması istenir. Bu amaçla, bir fark amplifikatörü de kullanılabilir. Burada amplifikatör sıcaklık ölçer. İki giriş direnci (R_1) eşittir; benzer şekilde, geribesleme direnci ve çevirmeyen uç ile toprak arasındaki direnç de birbirinin aynisidir (her ikisi de R_2 ile gösterilmiştir).



çıkarma (fark) amplifikatör devresi

Devreye Ohm kanunu uygulanarak aşağıdaki eşitlikler yazılır.

$$I_1 = \frac{V_1 - V_-}{R_1}$$

$$I_f = \frac{V_- - V_0}{R_2}$$

I_1 ve I_f birbirine eşittir. Bu durumda,

$$\frac{V_1 - V_-}{R_1} = \frac{V_- - V_0}{R_2}$$

$$V_- = -V_+$$

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

V_+ potansiyeli, voltaj-bölücü denkleminde yararlanılarak V_2 terimiyle de yazılabilir.

$$-V_+ = \frac{V_2 R_2}{R_1 R_2}$$

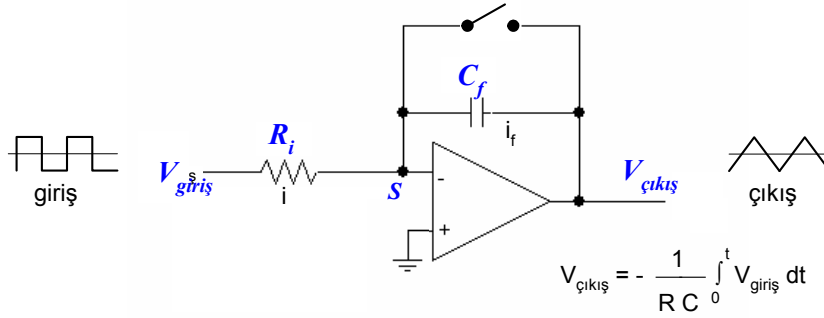
Son iki denklem birleştirilir ve düzenlenerek $V_{\text{çıkış}}$ çıkarılır.

$$V_{\text{çıkış}} = \frac{R_2}{R_1} (V_2 - V_1)$$

Buna göre, kuvvetlendirilen sinyal, iki sinyal arasındaki farktır.

"İki giriş ucuna verilen" herhangi bir dış potansiyel yok edilmiştir ve çıkışta görülmez. Yani, transdreslerin çıkışındaki herhangi bir hafif sürüklenme veya laboratuvar güç kaynaklarından alınan 60 sayıklık akımlar $V_{\text{çıkış}}$ 'dan çıkarılacaktır.

İntegrasyon İşlemi



İntegratör amplifikatör devresi

Şekil, bir değişken-giriş sinyalinin integrasyonunda kullanılan bir devreyi gösterir. Burada, temel çevirme devresindeki R_f direnci yerine bir C_f kapasitörü konulmuştur. Bu devreyi incelemek için tüm pratik uygulamada yararlanılan,

$$i = i_f$$

$$\frac{V_{giriş}}{R} = -C \frac{dV_0}{dt}$$

$$dV_{çıkış} = -\frac{V_{giriş}}{R C} dt$$

veya,

$$V_{çıkış2} - V_{çıkış1} = -\frac{1}{R C} \int_{t1}^{t2} V_{giriş} dt$$

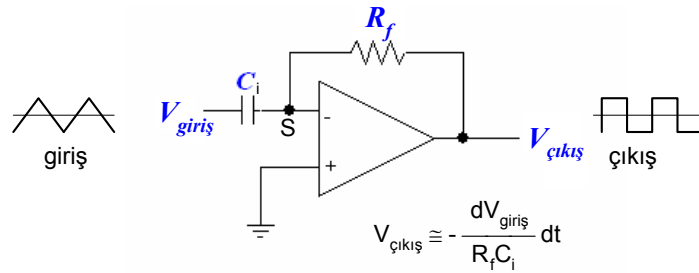
$t_1 = 0$ olduğunda, $V_{çıkış1} = 0$ dir. Bu durumda eşitlik aşağıdaki basit şekli alır.

$$V_{çıkış} = -\frac{1}{R_i C} \int_0^t V_{giriş} dt$$

Buna göre çıkış, giriş voltajının zamana göre integralidir. Sınırlı integral sıfır zamanda ayar anahtarını açıp devre anahtarını kapatılarak elde edilir. Sonra, t zamanda devre anahtarı açıldığında, integrasyon sonra erer, ölçme işleminde v_0 sabit bir seviyede tutulur. Ayar anahtarının kapatılmasıyla kapasitör deşarj olarak yeni bir integrasyon işlemi başlar.

Diferensiyel İşlemi

Diferensiyel işleminin yapıldığı basit bir devre şekilde verilmiştir. Devre, bir integrasyon devresinden sadece C ve R noktasının ters oluşu bakımından farklıdır. Burada, aşağıdaki eşitlikler yazılabilir.

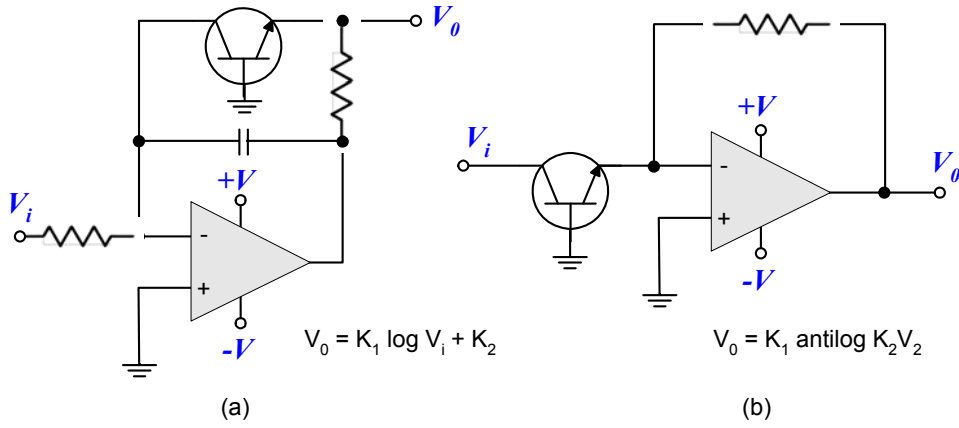


Diferensiyel amplifikatör devresi

$$C \frac{dV_{\text{giriş}}}{dt} = - \frac{V_{\text{çıkış}}}{R_f}$$

$$V_{\text{çıkış}} = - R_f C \frac{dV_{\text{giriş}}}{dt}$$

Logaritmalar ve Antilogaritmalar



(a) logaritma amplifikatör devresi, (b) antilogaritma amplifikatör devresi

Bazı transduserler konsantrasyonla üstel (eksponensiyel) fonksiyonla ilişkili bir elektrik responsu verirler. Bu durumda, sinyalin logaritması konsantrasyonla doğru orantılı olur. Logaritma ve antilogaritma devrelerdeki giriş voltajının sabit bir polaritede olması gerekir.

Bir çıkış voltajını elde etmenin en basit yolu yaklaşıtııcı polarizasyon gerilimli bir pn bağlantıdaki akım ve voltaj arasındaki logaritmik ilişkiye dayanan giriş sinyalinin logaritmasının alınmasıdır.

Devre Anahtarı Olarak İşlem Amplifikatörleri

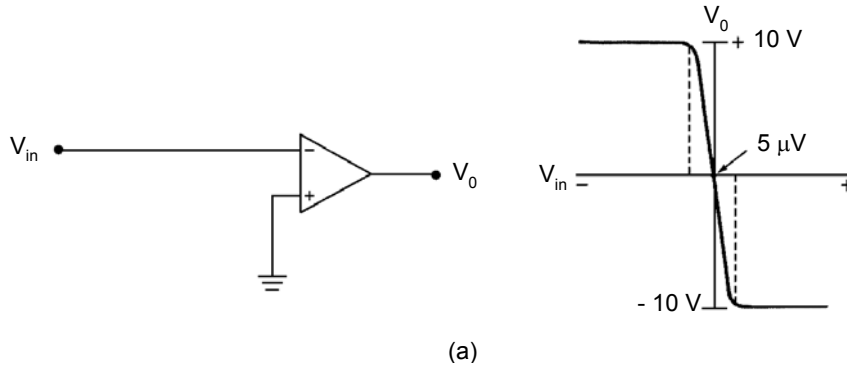
Transistörler ve işlem amplifikatörlerinin diğer bir önemli uygulaması devre anahtarı olarak kullanılmasıdır.

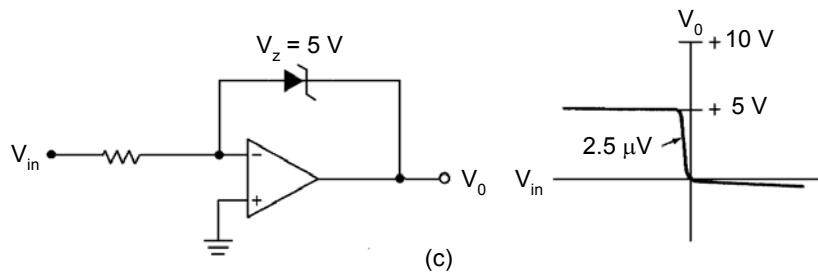
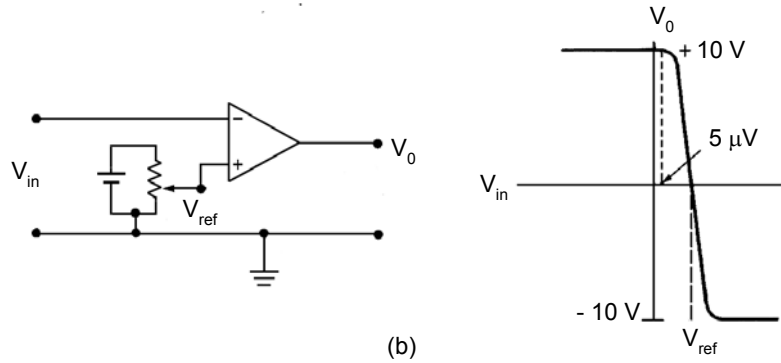
Şekil-a ve b'de iki kıyaslama devresi görülmektedir. Birincide giriş potansiyeli toprakla, ikincide bir E_{ref} potansiyeli ile kıyaslanmaktadır. Geribesleme bulunmadığı zaman giriş ve çıkış potansiyelleri arasındaki doğrusal davranış bölgesi sadece μV aralığında sınırlanır.

Birinci durumda bu aralık sıfır veya toprak potansiyeline, ikinci durumda referans potansiyele göredir. Bu küçük aralığın dışında amplifikatör "doğgun" dur ve giriş potansiyelinden bağımsızdır. Doğunluğun olduğu potansiyel amplifikatörün özelliklerine ve güç kaynağının potansiyeline bağlıdır; tipik olarak doğunluk potansiyeli $\pm 10 V$ kadardır.

Şekil-c 'de, geribesleme devresine kopma voltajı $5 V$ olan bir Zener diodu konularak potansiyel sınırı daraltılmış bir kıyaslama devresi görülmektedir. Bu durumda giriş potansiyelindeki değişiklik $5 \mu V$ 'dan küçük olduğunda devre iletken halden iletmeyen hale geçer. Yani devre, bir çeşit iki konumlu elektronik bir anahtardır: birinci konumda çıkış $\pm 5 V$, ikincide onda birkaç voltur.

Elektronik devre anahtarları, şekilde görüldüğü gibi, mekanik anahtardan daha büyük hızlarda tepki verirler; bu özellikleri nedeniyle digital elektronik ve bilgisayarlarda çok kullanılırlar.





Yararlanılan Kaynaklar

Principles of Instrumental Analysis, D.A.Skoog, D.M. West, II. Ed. 1981

<http://webpages.ursinus.edu/lriley/ref/circuits/node5.html>

http://www2.renesas.com/faq/en/f_op.html

http://hades.mech.northwestern.edu/index.php/Operational_Amplifiers_%28Op-Amps%29