

İşlemsel Kuvvetlendirici Op-Amp

Elektronikğin gelişmeye başladığı yıllarda devre elemanları oldukça büyüktü. Geçen yıllarla birlikte, yarı iletken teknolojisi daha küçük alanlara binlerce devre elemanının yerleştirilmesini mümkün kıldı. Hiç kuşkusuz bu gelişim boyunca sağlanan bilgi birikimi elektronik devre tasarımlarında belirli kriterler oluşturdu. Milyonlarca transistörlerden oluşan entegre devreler (IC) deneyimler sonucu geliştirilen belirli küçük devrelerin bir araya getirilmesiyle oluşturuldu. Günümüzde bunun en iyi örneği dijital devrelerdir. Karmaşık fonksiyonlar, bazı temel işlemler kullanılarak ifade edildiklerinden, belirli elemanların kullanımı standartlaşmıştır. Analog devrelerde de op-amp (işlemsel kuvvetlendirici) yapı taşı görevindedir. Artık amplifikatörler ve filtreler gibi elektronik devrelerin, düzinelerece transistör kullanılarak üretilmesi yerine belirli standartlardaki op-amp'lar kullanılmaktadır.

Güvenilir olmaları, kompakt yapıları ve kolay kullanımları nedeniyle op-amp'lar elektronikğin yapı taşları arasında yer almıştır. Ancak op-amp'ların tercih edilmesinin nedeni aktif bir eleman olmasıdır. Bu özelliği nedeniyle transistörlerden oluşan detaylı tasarımları duyulan ihtiyacı ortadan kaldırmaktadır. Ayrıca bu aktif elemanın çalışması direnç ve kondansatör gibi pasif elemanlarla denetlenmektedir. Uygulanan geri besleme yöntemi (bir devrenin giriş ve çıkış arasında oluşturulan ek bir bağlantı) sayesinde, op-amp'ın ideal olmayan özelliklerinden kurtulmak mümkündür. Bu da oldukça güvenilir devrelerin tasarlanmasını sağlamaktadır.

Op-Amp'ın Yapısı

Op-amp'lar elektronikte kullanılan belli başlı birkaç devrenin bir araya getirilmesiyle oluşturulmuştur. Temel olarak üç aşamadan oluşurlar. Giriş devresi bir fark kuvvetlendiricisidir. Bu devre, iki giriş arasındaki potansiyel farkının yükseltilmesini sağlamak-

tadır. Girişler iki ayrı transistörün bazına bağlanmıştır. Giriş direnci oldukça yüksek olduğundan, girişlerin çektiği akım oldukça düşüktür. Kuvvetlendiricisini belirli bir akım değerinde çalışması gerekmektedir. Bu akım da transistörlerden oluşan bir devre tarafından sağlanmaktadır. İkinci aşamayı oluşturan devreyse kuvvetlendirilmiş potansiyel farkını biraz daha yükseltmektedir. İkinci bölümün de giriş direnci yüksek olduğundan, op-amp'ın giriş direncinin azalmasını engeller. Üçüncü aşamanın kullanım amacıysa, op-amp'ın çıkış direncini düşürmek ve mümkün olduğunca yüksek bir akım değeri sağlamaktır. Çıkış bölümünde istenilen şekilde çalışmasını sağlayan ikinci bir akım kaynağı kullanılmaktadır. Buna ek olarak çıkışta kısa devre olduğunda, op-amp'ın zarar görmesini engelleyen başka bir devre bulunmaktadır.

Elektronikte devrelerin daha kolay irdelenebilmesi ve tasarımların daha kolay yapılabilmesi için modeller kullanılır. Doğru yapılan modellerle, analizlerde iki giriş arasındaki küçük potansiyel farkının yükseltilmesi olarak özetlenebilir. Ancak giriş direncinin çok yüksek ve çıkış direncinin küçük olduğu ihmal edilmemelidir. Bu yapıyı şöyle modellemek mümkündür. Giriş direnci çok yüksek olduğunda, op-amp'ın girişinin akım çekmediği yani iki giriş arasında açık devre olduğu düşünülebilir. Girişteki küçük potansiyel farkı oldukça yükseltildiğinden, girişteki potansiyel farkının sıfır, gerilimdeki kazancın ise sonsuz olduğu kabul edilebilir. Bu noktada op-amp'ın ikinci bir özelliği ortaya çıkmaktadır. Girişlerden her ikisi de aynı potansiyeldedir. Örneğin girişlerden biri topraklanmışsa, diğer giriş de sıfır volt görülecektir. Op-amp'ın çıkış direnci çok küçük olduğundan bu direnç ihmal edilebilir düzeydedir. Bu nedenle op-amp'ın çıkışı bir voltaj kaynağı olarak düşünülebilir. Daha gerçekçi bir modelleme düşünülcek olursa,

sak şu sonuca varılır. Girişler arasındaki potansiyel farkı küçük bir değerdayken, op-amp aktif bölgededir. Yani çıkış voltajı, giriş voltajıyla op-amp'ın kazancının çarpımına eşittir. Ancak girişteki potansiyel farkının mutlak değeri belirli bir değerden büyükse op-amp doymuş durumdadır. Çıkış voltajını ya sabit bir pozitif ya da negatif değerdedir.

Kullanım Alanları

Sagladıkları modülerlik ve özellikleri nedeniyle op-amp'lar birçok alanda kullanılmaktadır. Özellikle oluşturulan geri besleme devreleri basit yapılarla istenilen sonucun alınmasını sağlamaktadır. Geri besleme, op-amp'ın çıkışıyla girişlerden biri veya her ikisi arasında bazı elemanların bağlanmasıyla oluşturulur. Bu elemanlar genelde direnç kondansatör gibi pasif elemanlardır. Böylece op-amp'ın çalışması istenilen şekilde kontrol edilebilmektedir. Örneğin dirençlerle oluşturulan bir geri besleme devresi, voltajın kullanılan dirençler oranında kuvvetlendirilmesini sağlar. Elde edilen bu devre kazancı dirençler tarafından belirlenen bir amplifikatörden başka bir şey değildir.

Geri beslemenin kullanıldığı op-amp devrelerinde elde edilen önemli bir sonuçsa, giriş sinyalinin türevinin ya da integralinin alınmasının mümkün olmasıdır. Bunun için bir kondansatörün kullanılması yeterli olmaktadır. Bir kondansatörün üzerinden geçen akım üzerindeki potansiyel farkının türevine eşittir. Bu nedenle kondansatör, integral ya da türev almada kolayca kullanılabilir. Örneğin op-amp'ın girişlerinden bir topraklandığında ve çıkışıyla diğer girişi arasında bir kondansatör, bu girişle voltaj kaynağı arasına bir direnç bağlanmasıyla integral alan bir devre yapılmış olur. Op-amp'ın bir girişi sıfır volta olduğundan, diğer girişi de sıfır volta olacaktır. Ayrıca bu giriş akım çekmediğinden giriş voltajının dirence bölü-

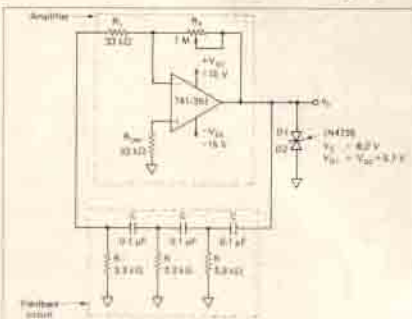
müyle oluşan akım kondansatörün üzerinden geçecektir. Kondansatör üzerinde oluşan potansiyel farkıysa bu akımın integraline eşittir. Bu nedenle çıkış voltajı giriş voltajının integralinin bir katsayısıyla çarpımına eşittir.

IC555 gibi osilatörlerin yapımında da op-amp'lar kullanılmaktadır. Daha önce de değindiğimiz gibi op-amp'ın girişleri arasındaki potansiyel farkı belirli bir değeri aştığında op-amp'ın çıkışında sabit değerde pozitif ya da negatif voltaj oluşur. Eğer bu iki durum arasında sürekli bir geçiş sağlarsa, op-amp'ın çıkışında pozitif ve negatif iki değer arasında sürekli değişen bir voltaj oluşur. Bu değişimi sağlamak için girişlerdeki voltajın değişimini sağlamak gerekmektedir. Bu değişim de kondansatörlerin dolup boşalmasıyla sağlanmaktadır. Osilatör devrelerinde bu kondansatörler belirli bir durumda dolduklarında çıkış voltajı diğer duruma geçmektedir. Bu değişim geri besleme sayesinde giriş tarafından elemanlara da yansıtılmaktadır. Böylece kondansatörlerin boşalması ya da ters yönde dolmaları sağlanmaktadır.

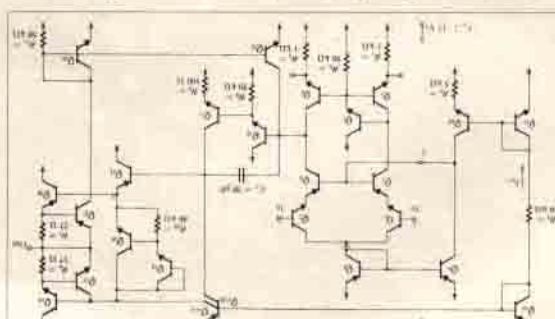
Bütün bu özellikleriyle op-amp'lar analog devre tasarımlarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak op-amp'ların dijital devrelere de önemli katkılar bulunmaktadır. Analog sinyalleri dijital değerlere çeviren elemanlar bunun en iyi örneğidir. Op-amp'ların bir girişine sabit bir voltaj diğer girişine değişen bir voltaj uygulandığında, op-amp'ın çıkışındaki voltajı, bu iki sinyalin farkları belirlemektedir. Seçilen girişlere göre, sabit değer değişen sinyalin herhangi bir andaki değerinden büyük olduğunda çıkışta pozitif ya da negatif bir voltaj oluşur. Sabit voltaj analog sinyalden büyük olduğundaysa bir önceki durumun tam tersiyle karşılaşılır. Bu durumda op-amp iki sinyalin karşılaştırılmasında kullanılır. Karşılaştırıcı bu yapıdan birden fazla kullanıldığında ve her birinin girişine uygulanan sabit voltajlar arasında sabit bir oran kurulduğunda, analog sinyalin o anki değeri tesbit edilmiş olur. Bu değer her karşılaştırıcının çıkışındaki 0 veya 1 yani düşük ya da yüksek voltajla tesbit edilmiş olur.

Op-amp'lar hurda değindiğimiz temel devreler dışında analog ve dijital filtreler, sinyal üreticileri ya da denetleyiciler gibi birçok elektronik devrede kullanılmaktadır. Bu yaygın kullanımın nedeni belirli bir karakteristiğe sahip op-amp'ın elektronikte modüler bir parça olmasından kaynaklanmaktadır. Yapılan tasarımların kolaylaşacağından, elektronikle uğraşan her kişi çalışma prensibi daha yakından incelemeye ihtiyaç duyacaktır.

Kaynaklar
Garysal A. Ramakant, Op-amps and Linear Integrated circuits, Prentice Hall 1993.
Heyer G. Robert, Gray R. Paul Analog Integrated Circuits, 1993.



Op-amp'la yapılmış osilatör devresi. Çıkış sinyalinin frekansı $0,065 / RC$ ye , genişliği ise $V_{+}V_{-}/V_{in}$ 'e eşittir.



Op-amp devresi (girişler 'in', çıkış 'out' ile gösterilmiştir).