

PLL

İletişim sistemlerinde yaygın olarak kullanılan yöntemlerden birisi frekans modülasyonudur (FM). Frekans modülasyonunda, iletilmek istenen sinyal, taşıyıcı sinyalin frekansında değişimlere neden olmaktadır. Böylece frekans, taşıyıcı sinyalin frekansına yakın değerlerde seyreden bileşke bir sinyal oluşmaktadır. Bir başka deyişle taşıyıcı sinyalde zamanla değişen faz farkı oluşturulmaktadır. Elde edilen sinyal, alıcıya ulaştığında çeşitli demodülasyon yöntemleriyle sinyal frekansındaki değişimler belirlenerek, istenilen sinyal taşıyıcı sinyalden ayırılmaktadır. PLL (Phase-locked loop) de FM sinyallerinin demodülasyonunda kullanılan temel bir devrenin ismidir. PLL, alıcıya ulaşan sinyalin frekansını yakalamak için kullanılmaktadır. Adını da bu amacın İngilizce ifadesindeki kelimelerin baş harflerinden almaktadır. PLL, elektronikte belli başlı elemanların kullanılmasıyla oluşturulan bir geri besleme devresidir. Devrenin çalışma prensibini anlamak için, devreyi oluşturan elemanları incelemek gerekmektedir.

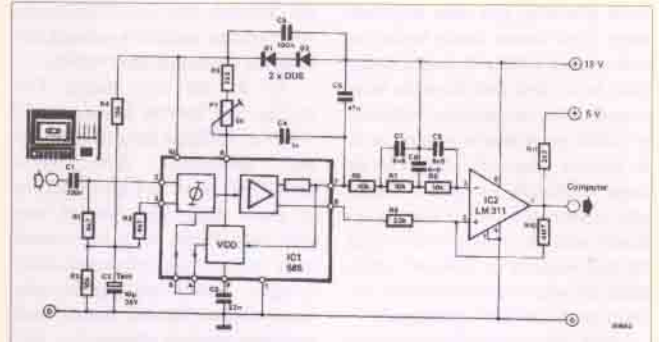
Devre Elemanları

PLL, temel olarak dört bölüme ayrılmıştır. Bunlardan ilki, çıkış sinyalinin frekans, giriş gerilimi tarafından belirlenen bir devredir. Bu devreye, voltaj denetimli osilatör (VCO) de denmektedir. Çalışmasının temelinde, bir kondansatörün dolup boşalması yatmaktadır. Kondansatör dolduğunda veya boşaldığında devrenin belirli noktalarında gerekli gerilimlerin oluşması sağlanmaktadır. Bu durumda devredeki transistörlerin konumları değişir. Böylece osilatör devresinin çıkışındaki gerekli dalgalanmalar elde edilmiş olur. Giriş voltajı değiştiğinde, kondansatörün gerekli gerilimleri sağlaması için geçen süre değişir. Buna bağlı olarak transistörlerin konum değişimi için gereken süre, dolayısıyla çıkış voltajının frekans değişmektedir. Osilatörün çıkış gerilimindeki değişimi sağlamak için birkaç transistörden oluşan bir devre ya da bir op-amp kullanılmaktadır. En önemli elemanlardan biri olan osilatör devre PLL'nin geri besleme kısmını oluşturmaktadır.

PLL'i oluşturan önemli diğer bir eleman da faz belirleyicisidir. Faz belirleyicisi iki sinyalin matematiksel olarak çarpılmasında kullanılmaktadır.

İki sinyalin çarpılması sinyallerin ayır edilmesinde önemli kolaylıklar sağlamaktadır. Ayrıca matematikle elektro-niğin ne kadar ilişkili olduğunun bir göstergesidir. Farklı frekanslardaki iki sinüzoidal sinyal çarpıldığında bu sinyallerin frekanslarından farklı frekans-ta iki yeni sinyal elde edilir. Trigonometrik dönüşümler kullanıldığında, oluşan sinüzoidal sinyallerden birinin frekansının çarpılan iki sinyalin frekansının toplamına, diğerinin frekansının ise iki sinyalin frekansının farkına eşit olduğu görülür. Bu da biri düşük, diğeri yüksek frekansta iki sinyal oluşması demektir. İki sinyalin çarpılması için, VCO'da olduğu gibi, birkaç transistörden oluşan devreler ya da op-amp devreleri kullanılmaktadır. PLL'de faz belirleyicisi algılanan sinyal, VCO'nun çıkış sinyalinin, yani geri besleme sinyalinin çarpılmasında kullanılır.

PLL'de kullanılan önemli diğer iki eleman filtre ve genlik yükselticidir. Devredeki filtre faz belirleyicisinin çıkışında oluşan iki ayrı frekansta-ki sinyali ayırt etmek için kullanılmaktadır. Filtre genellikle direnç ve kondansatörlerden oluşmaktadır. Ancak transistörlerin kullandığı filtreler de bulunmaktadır. Sinyalleri ayırt etmek için kondansatörlerin özelliklerinden yararlanılmaktadır. Kondansatörlerin üzerinden geçen akım, üzerlerindeki gerilim sinyalinin frekansıyla değişmektedir. Bir başka deyişle, kondansatörler farklı frekanstaki sinyaller farklı dirençler göstermektedir. Bu nedenle kondansatörlerle oluşturan bazı devreler belirli frekanstaki sinyallerin genliğini küçültür. Bu da devre çıkışına bu frekanstaki sinyallerin geçirilmediği anlamına gelmektedir. PLL'deki filtre de düşük frekanstaki sinyalleri geçirmek için kullanılmaktadır. PLL'i oluşturan dördüncü eleman ise genlik yükselticisi yani amplifikatördür. Giriş sinyali, osilatörün çıkış sinyaliyle çarpılıp filtreden geçirildikten sonra oluşan sinyalin genliği devredeki değişimleri sağlayacak genliğe getirilmelidir. Bu yüzden bir genlik yükselticisine ihtiyaç duyulmaktadır. Yükselticiler de bir veya birkaç transistörün arka arkaya bağlanmasıyla yapılmaktadır. Transistörlerin bazıyla kollektörü arasındaki akım kazancı kullanılarak sinyallerin genliği değiştirilmektedir. Bu yükseltici devrelerde de diğer elemanlarda olduğu gibi op-amp'lar da kullanılabilir-mektedir.



FSK Demodülatörü

FSK, dijital verilerin iletiminde kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemde "0" ve "1" değerleri iki ayrı frekans değeriyle iletilmektedir. Şekildeki devrede bir PLL (IC1) yardımıyla FSK sinyallerinin demodülasyonu gerçekleştirilmektedir. IC1'in girişine bir sinyal geldiğinde, VCO giriş sinyalinin frekansına kilitlenmektedir. Bu durumda IC1'in çıkışında (7) gerilim değişir. Böylece frekanstaki değişim "0" ve "1" durumları olarak algılanır. IC1'in çıkışına bağlanan R6-R8 dirençleri ve C7-C9 kondansatörleri ise ikinci bir filtre görevindedir. VCO'nun çalışacağı frekans, (1900Hz ile 6200 Hz arası) P1 potansiyometresiyle ayarlanabilir.

Çalışma Prensibi

PLL devresini oluşturan elemanlar tek tek inceledikten sonra, bu elemanların bir bütün olarak nasıl davrandıkları incelenebilir. Bunun için ilk önce bu elemanların birbirlerine nasıl bağlandığına bakmak gerekir. Algılanan sinyal ilk önce frekans, giriş voltajı tarafından kontrol edilen osilatörün çıkış sinyaliyle çarpılır. Daha sonra bu sinyal düşük frekanstaki sinyalleri geçiren bir filtreden geçirilir ve bir amplifikatör tarafından genliği ayarlanır. PLL'nin çıkış sinyali olan bu sinyal, osilatörün giriş sinyali olarak kullanılır. Osilatör devre de geri beslemeyi sağlamış olur. Geri besleme, elektronik devrelerde giriş sinyalinin çıkışta elde edilen sinyale göre ayarladığından önemli rol oynamaktadır. PLL giriş sinyalinin frekansına kilitlendiğinde, faz belirleyicisi çıkışında ya bir doğru akım sinyali ya da frekans algılanan sinyal ile osilatörün sinyalinin faz farkına eşit olan bir sinyal oluşur. Bu sinyalin yanı sıra oluşan yüksek frekanslı sinyale, filtre tarafından yok edilir. Eğer algılanan sinyalin frekansında bir değişim olursa, osilatör sinyaliyle arasındaki faz farkı değişir. Bu durumda VCO'nun giriş voltajı değişir ve tekrar osilatörün frekansını giriş sinyalinin frekansına eşitler. FM sinyallerinde gerekli bilgi frekanstaki değişimlere taşınmaktadır. PLL'in çıkış sinyali de bu değişimlerle orantılı olduğundan, FM demodülasyonu gerçekleştirilmiş olur.

PLL'nin giriş sinyalinin nasıl yakalandığını daha iyi anlamak için bir an çıkış sinyalinin VCO'nun girişine bağlı olmadığını düşünelim. Bu sırada VCO'nun girişinde bir gerilim farkı olmadığından, VCO belirli bir frekansta sinyaller yaratmaktadır. Bu frekans yakın frekansa sahip bir sinyal algılandığında faz belirleyicisinin çıkışında iki sinyalin frekansının toplamına ve farkına eşit iki sinyal oluşur. Filtre yüksek frekanstaki sinyali

geçirmez. Tam bu sırada çıkış sinyalinin VCO'nun girişine bağlandığını düşünürsek, VCO'nun frekansını giriş sinyalinin frekansına yaklaştırmaya başlar. İlk önce algılanan sinyalin frekansının yüksek olduğunu düşünürsek, VCO'nun çıkış sinyali ilk önce bu frekansa yaklaşır. Daha sonraki değişimler VCO tarafından algılanana kadar VCO'nun çıkışındaki frekans giriş sinyalinin frekansını geçer. Bu dalgalanma belirli bir süre devam ettikten sonra PLL, FM sinyalin taşıyıcı frekansına kilitlenmiş olur. Bundan sonra PLL'nin çıkışındaki değişim, iletilmek istenensinyalin, taşıyıcı sinyalin frekansında neden olduğu değişimleri göstergesidir. Bu da FM sinyalinin demodülasyonundan başka bir şey değildir. PLL'nin algılanan sinyali yakalayabilmesi için FM taşıyıcı sinyalinin frekans, VCO'nun girişinde gerilim olmadığında yarattığı sinyalin frekansına yakın olmalıdır. Bunu belirleyen en önemli etken, kullanılan filtrenin geçirdiği frekans aralığının genişliğidir. Ayrıca bu filtrenin geçirebildiği frekans aralığı, PLL'nin FM sinyaline ne kadar sürede kilitleneceğini belirlemektedir.

İlk olarak 1930'lu yıllarda geliştirilen PLL, genel de FM sinyallerinin demodülasyonunda kullanılmıştır. Ancak frekans yakalama özelliği nedeniyle PLL, başka alanlarda da kullanılmıştır. Bunlar arasında osilatör kristallerin frekanslarının kontrolü, frekans çarpımı veya bölünmesi, müzik aletlerinde sintesayzör olarak kullanılması gibi birçok uygulama bulunmaktadır. PLL'ler analog sistemlerin yanı sıra dijital sistemlerde de kullanılabilir olduğundan elektronik aletlerin vaz geçilmez elemanları arasında yer almaktadır.

Kaynaklar
Klapper J., Frankle J.T., Phase-Locked and Frequency Feedback Systems, Academic Press 1972.
Gray P.R., Meyer R.G., Analysis and Design of Analog Integrated Circuits, John Wiley and Sons, 1993.

