

**TC.  
FIRAT ÜNİVERSİTESİ  
MÜHENDİSLİK FAÜLTESİ  
ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**

**IR (INFRARED - KIZILÖTESİ) SİNYAL İLE SES İLETİMİ**

Kemal AKTÜRK

BİTİRME ÖDEVİ

Bitirme Ödevi Yöneticisi: Yrd. Doç. Dr. Hasan Balık

ELAZIĞ-2004

# **İÇİNDEKİLER**

## **1.BÖLÜM**

**IR (INFRARED - KIZILÖTESİ) SİNYAL İLE SES İLETİMİ  
İŞARETİ SAYISALLAŞTIRMA VE KUANTALAMA  
SAYISALLAŞTIRILMIŞ IR SİNYAL İLE SES İLETİMİ**

## **2.BÖLÜM**

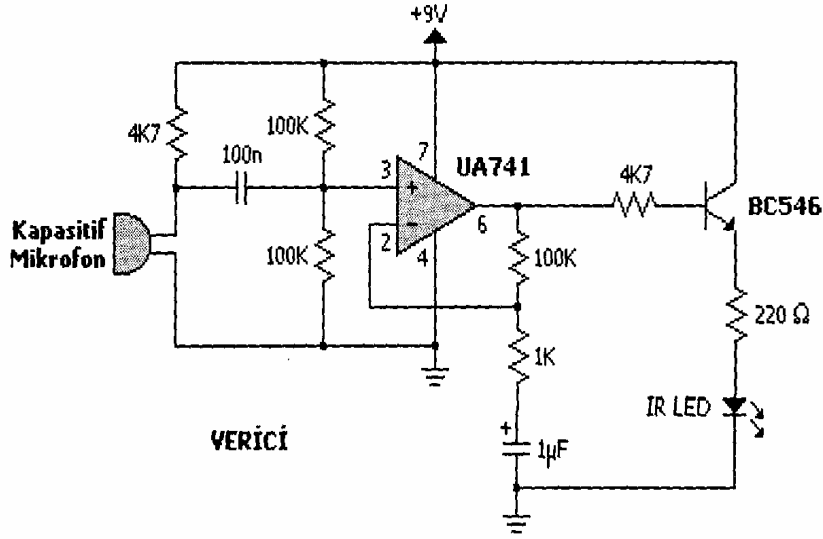
**GERİLİM KONTROLLÜ OSİLATÖR  
FAZ KİLİTLEMELİ DÖNGÜ (PLL)  
TEMEL PLL ÇALIŞMASI  
TEMEL PLL İLE FREKANS DEMODÜLASYONU  
AÇI MODÜLASYONU  
FREKANS MODÜLASYONU  
LED (LİGH T EMİTTİNG DİODE)  
LED'LERİN KARAKTERİSTİKLERİ VE PARAMETRELERİ  
FOTODİYOTLAR  
FOTODİYOTLARIN YAPISI**

## **3.BÖLÜM**

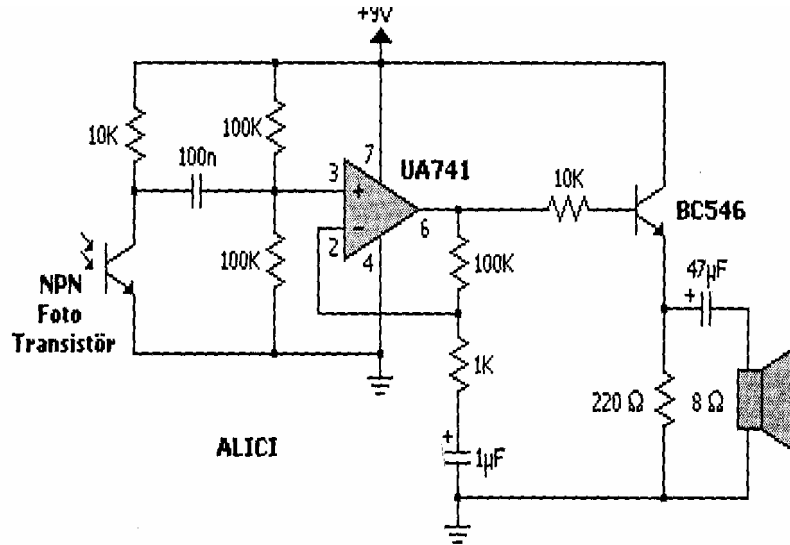
**4046 ENTEGRENİN KATALOG BİLGİLERİ  
2800 ENTEGRENİN KATALOG BİLGİLERİ**

## IR (INFRARED - KIZILÖTESİ) SİNYAL İLE SES İLETİMİ

IR (Infrared - Kızılötesi) sinyaller, insan gözü tarafından görülmeyen bölgede yayılan ve çeşitli kontroller sağlayan sinyallerdir. Bu sinyaller ile ses sinyalinin iletilmesi de kısa mesafeler için yapılabilmektedir. Şekil-1 de IR sinyal vericisi görülmektedir. Bu devre bir metre mesafeye kadar ses sinyali iletimi yapabilir. Devre, girişine kapasitif mikrofon yardımı ile uygulanan ses sinyalini basit bir modülasyon işlemine tabi tutarak IR LED üzerinden alıcıya yollar.



Şekil 1: Verici Devre

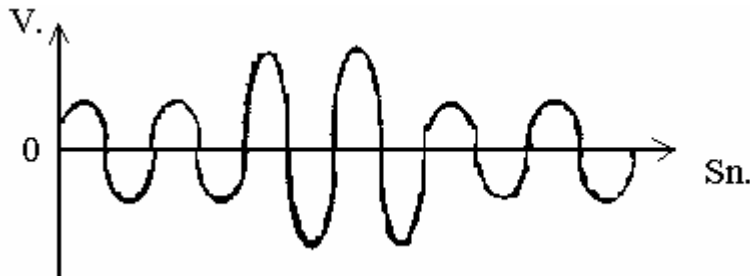


Şekil 2: Alıcı Devre

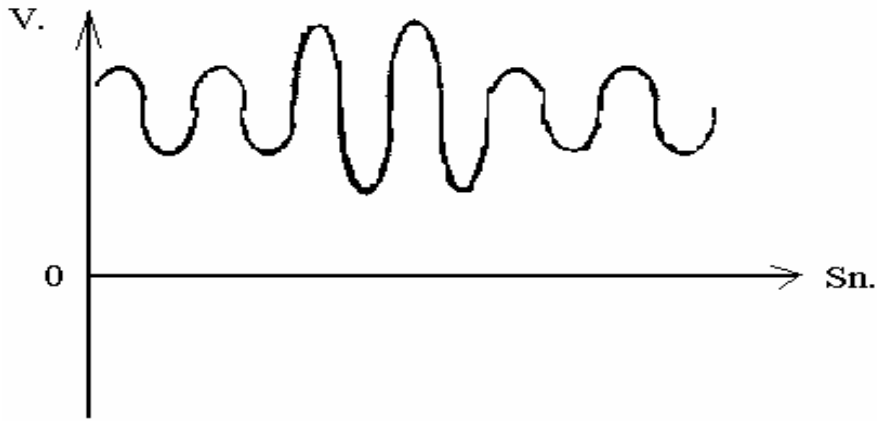
Şekil-2 deki devre IR sinyal vericisinden gelen sinyali NPN foto transistör ile alır. Bu sinyali demodülasyon işlemine tabii tutarak, sadece ses sinyalinin hoparlörden duyulmasını sağlar. Hoparlöre aktarılan güç yaklaşık 0,25W civarındadır. Verici ve alıcı devreleri yapı itibarı ile birkaç malzeme değeri ve bağlantısı dışında aynı sayılırlar. Bu basit verici / alıcı sistemi ile 1 metrelik mesafelerde ses sinyali, IR (Kızılötesi) sinyal ile taşınmış olur.

Devreler kurulduğu zaman şu hususa dikkat edilmelidir. Yayın yapılan ortamın son derece parazit sinyalden arınmış olması gerekir. Devrenin hassas olmasından dolayı, bulunulan ortamda çalışan floresan lamba bile olması devreyi olumsuz etkiler.

Bu devrenin istenilen kalitede çalışması pek mümkün değildir. Çünkü; ses sinyali önce olarak bir DC gerilime bindirilip IR led üzerinden ortama yayılmaktadır.



Şekil 3:mikrofona gelen ses sinyali



Şekil 4:Dc gerilime bindirilmiş sinyal

Foto transistör yardımı ile ortamdan alınan kızılötesi ışınlar kuvvetlendirilip çıkışa verilmiştir. Tabii bu işlem analog olarak yapıldığından kayıpları oldukça fazladır. Verilen sinyal ile alınan sinyal kayıplardan çok farklıdır. İstenilen düzeyde iletilemeyecektir.

## İŞARETİ SAYISALLAŞTIRMA VE KUANTALAMA

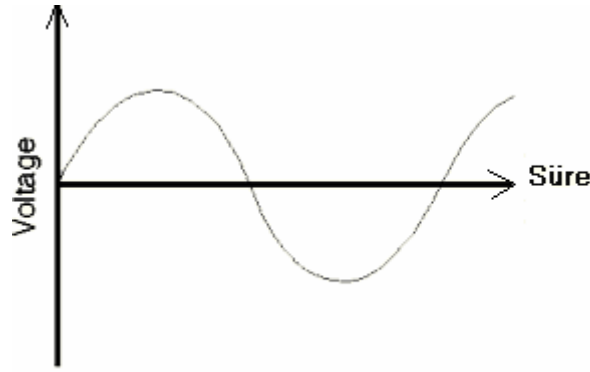
Bu iletimi daha iyi bir şekilde gerçekleştirmek için ses sinyalini sayısal bir işarete dönüştürmek ve kuantalama yapmak gerekir.

Öncelikle neden sayısallaştırmaya ihtiyaç duyulduğunu açıklayalım.

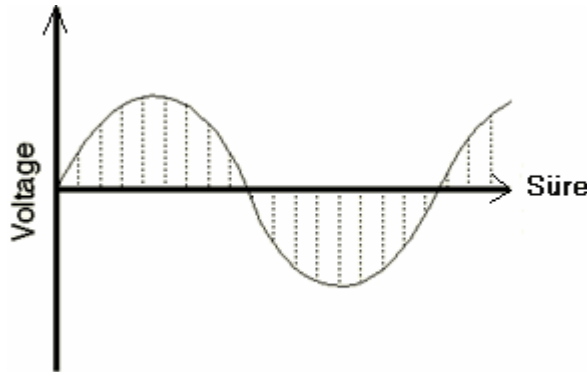
Analog işaret tercih etmememin sebebi; çok hızlı olarak işareti işleyebilmemize rağmen işlemede kullanılan devre elemanlarının gerçek değerlerini bulamayız. Aynı zamanda kullandığımız elemanlar zamanla gerçek değerlerinden sapar. Eğer bu denli hassas bir alet yapılacak ise maliyeti oldukça yüksektir.

Sayısal işaret olarak iletmek istememin sebebi bu işlemi gerçekleştiren elemanlar zamanla gerçek değerlerinden sapma göstermezler. Hassasiyetlerini zamanla yitirmezler.

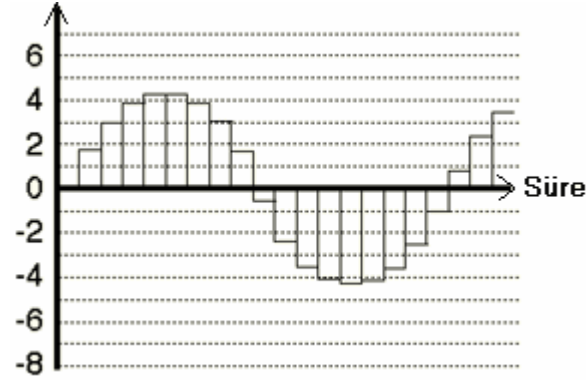
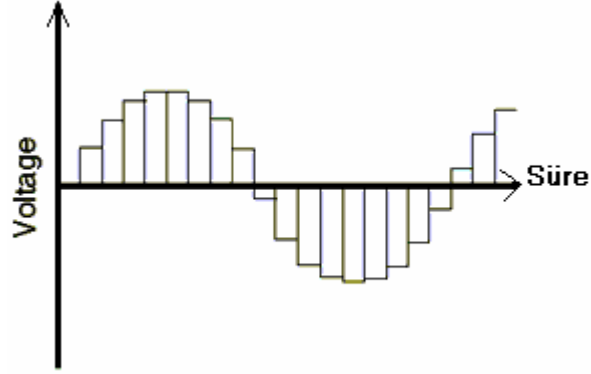
Sayısal dönüştürme sırasında giriş ses sinyali şuna benzer:



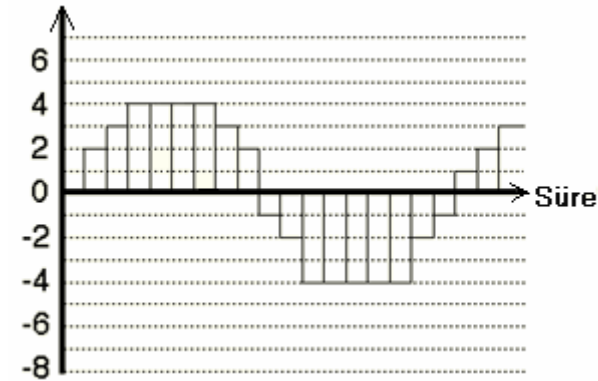
Daha sonra bu sinyal belirli örnekleme aralıklarına ayrılır:



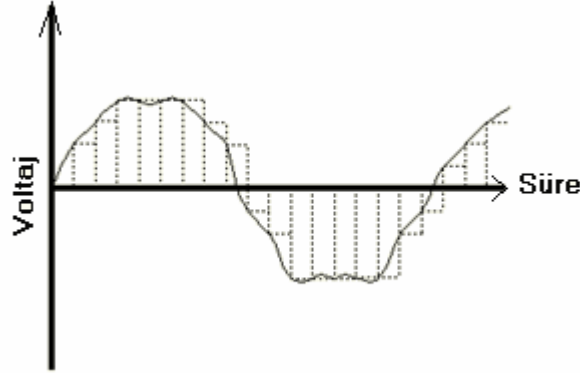
Örnekleme sonrasında dönüştürücü, ortalama değere sahip sinyalleri ortamdan ayırarak kalanları örnekleme değerine uygun biçimde yuvarlar.



Sonrasında her sinyale sayısal bir değer atanır. Sinyalin karşılığı olan değer bir tam sayıya denk gelmiyorsa, dönüştürücü bu değeri en yakın üst veya alt değere yuvarlar. Bu nedenle de sonuçta "quantization" adı verilen hata payı oluşur.

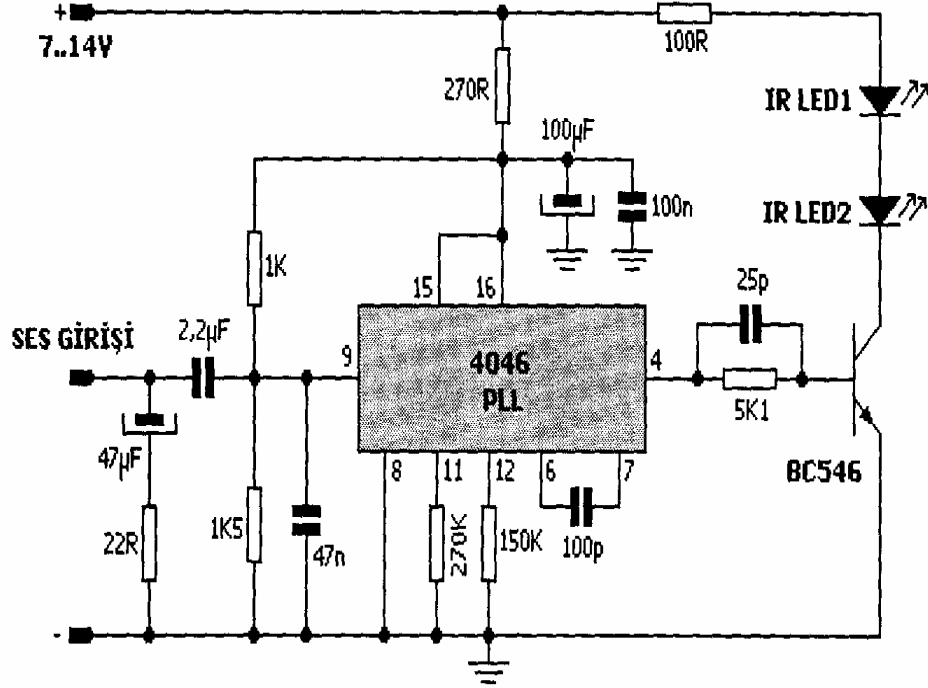


Son olarak dönüştürücü, yeniden biçimlendirme filtresini kullanarak orijinal eğriye yukarıdakinden daha yakın bir form oluşturmaya çalışır. Filtreden geçen ses eğrisi sonuç olarak aşağıdakine benzer:



Bütün bu işlemlerin asıl amacı, seste belirgin hatalara sebep olma potansiyeli taşıyan yüksek frekansları ortamdaki seslerden ayırabilmektir. Bu nedenle, belli bir frekansın üzerindeki sesleri ortamdaki seslerden ayırabilmek için sese alçak geçiren filtre (Low pass filter) gerekmektedir. Bununla birlikte dijital dönüştürme sırasında hata payının az olması, yüksek frekanslı seslerin ortamdaki seslerden ayrılması ihtiyacının da azalması anlamına gelir. Dolayısıyla elinizde herhangi bir noktadaki ses genişliğinin tanımlanması için 16.7 milyon değer alternatif varsa, yüksek frekanslardaki sesleri aslına daha uygun dönüştürebilme imkanına sahip olursunuz. Shannon teoremine göre, örneklenmiş seste sağlanabilecek en yüksek frekans örnekleme hızının yarısına eşittir. Yani kayıt sırasında örnekleme hızı olarak 44.0 kHz kullanılıyorsa, kayda ulaşabileceği en yüksek ses frekansı frekans 22.05 kHz ile sınırlanır. Elde edilen bu üst frekans noktasına "Nyquist" frekansı adı verilir.

## SAYISALLAŞTIRILMIŞ IR SİNYAL İLE SES İLETİMİ

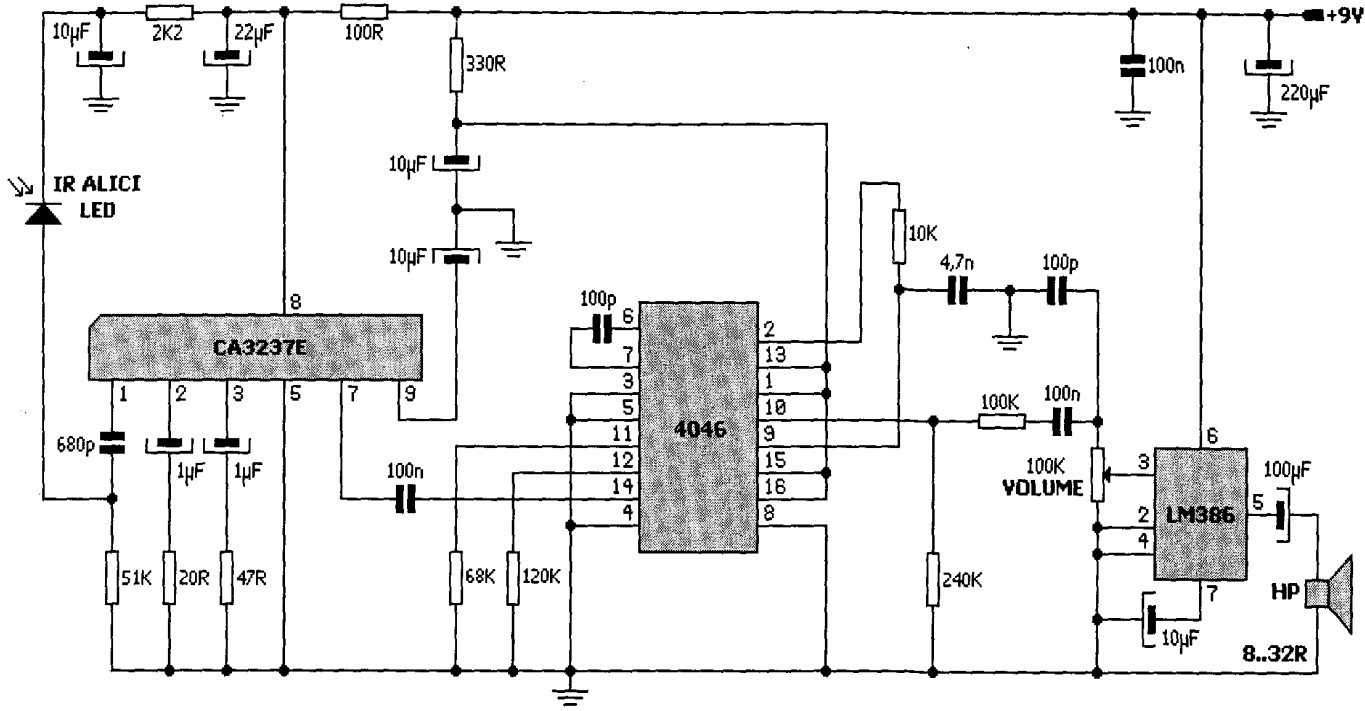


Şekil 5: UYGUN VERİCİ DEVRESİ

Şekil 5 deki devrenin temelini faz kilitlemeli (PLL) olarak çatışan 4046 PLL (Phase Locked Loop) entegresi oluşturur. Entegrenin 9 no lu VCO (Gerilim Kontrollü Osilatör) girişine uygulanan ses sinyali, entegrenin titreşmesini sağlar. Bu sinyal PLL ucundan üretilen sinyal ile kilitlenerek, 4 no lu VCO çıkışına iletir. Bu uçtaki sinyal transistör ile kuvvetlendirilerek IR LED' lere uygulanır.

Şekil 6 da IR sinyal alıcısı görülmektedir. IR sinyal vericisinden gönderilen mod edilmiş sinyaller bu devre tarafından alınır. CA3237 entegresinden oluşan IR ön kuvvetlendiricisi devresi, gönderilen IR sinyali alarak kuvvetlendirir. Kuvvetlendirilen sinyal, 4046 PLL entegresine uygulanır. Bu entegre çıkışında demodüle edilen sinyal, ses frekans amplifikatörüne uygulanır. Böylece kablosuz, IR sinyal ile ses sinyali iletimi yapılmış olur.

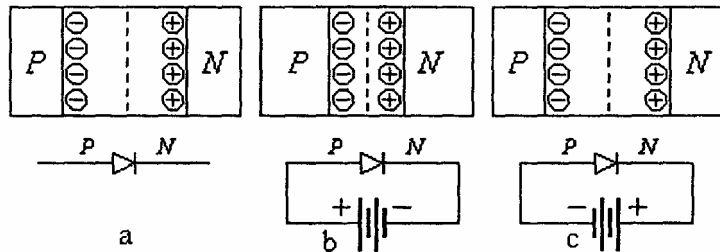




Şekil 6:UYGUN ALICI DEVRESİ

## FOTODİYOTLAR

Fotodiyotlar P-N jonksiyonuna sahip optoelektronik elemanlardır. Fotodiyodun amacı ışık şiddetini elektriksel işarete en etkili şekilde çevirmektir. Çevirme işleminin etkinliği fotodiyodun karakteristiğine bağlıdır. Fotodiyodun ışığa duyarlı yüzeyine ışık uygulanmış olursa fotonların emilmesi ile serbest taşıyıcılar oluşur ve bunun sonucu olarak da bir akım akar. Fotodiyodun çalışmasını ifade eden diyagramlar Şekil 1 de gösterilmiştir.



Şekil 6

Bir N tipi yarı iletkeninde serbest taşıyıcı elektronlardır. Elektron sayısının fazla olmasından dolayı ortalama enerji seviyesi P tipi yarı iletkeninden fazladır. P

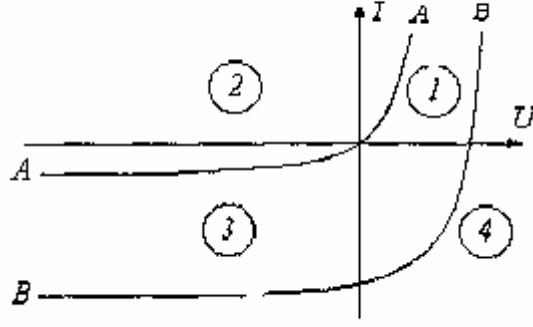
ve N bölgeleri jonksiyon şeklinde birleştirildiğinde her iki bölgede enerji seviyeleri eşitlenmeye çalışılır.

P-N jonksiyonunda N tipi bölgede elektronlar P tipi bölgede ise delikler fazladır. Elektronlar ve delikler fazla olduğundan dolayı jonksiyonun birleşme bölgesinde birbirlerine doğru hareket ederek birleşirler ve birbirlerini nötrlerler. Böylece jonksiyonun birleşme bölgesinde taşıyıcılar epeyce zayıflar ve bu bölge taşıyıcılar bakımından fakirleşmiş bölge olarak adlandırılır. Fakirleşmiş bölgede zıt polariteli iyonlaşmış atomlar kalır. Bu iyonlaşmış atomlar, serbest taşıyıcıların bir bölgeden diğer bir bölgeye geçişini engeller ve bir potansiyel 'bariyer' (duvar) gerilimi ( $U_0$ ) oluştururlar. Bariyer gerilimin değeri fotodiyodun yapısında kullanılan yarı iletken malzemeye bağlıdır. Fotodiyodun yapısında silikon kullanılmış ise bariyer gerilimi  $U_0=0,7$  V.dur.

Uygulanan gerilimin polaritesine bağlı olarak fotodiyot iletim ve tıkama rejiminde çalışabilir. *Şekil-1b* yı incelersek P-N jonksiyona doğru polariteli bir gerilim uygulandığında taşıyıcılar bakımından zayıflamış olan bölge azalır ve jonksiyonun iletkenliği artar. Uygulanan gerilimin değeri P-N jonksiyonun bariyer geriliminin değerine ulaştığında taşıyıcılar bakımından zayıflamış olan bölge ortadan kalkar ve P-N jonksiyon ilettime geçer.

P-N jonksiyona ters polariteli bir gerilim uygulandığında taşıyıcılar bakımından zayıflamış olan bölge genişler (*Şekil-1c*) ve P-N jonksiyonun iletkenliği azalır. Bununla birlikte ters polariteli gerilimde de yine bir miktar akım akar. Bu akım, ortam ısısının ya da diğer ışık kaynaklarının oluşturduğu serbest taşıyıcıların akımıdır.

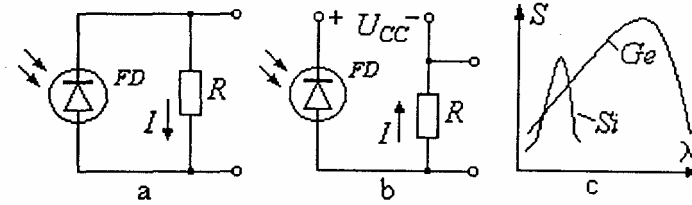
Fotodiyodun duyarlı yüzeyine ışık düşmüyorsa fotodiyot üzerinden akan akım ısı yoldan üretilmiş olan azınlık taşıyıcılarının akıttığı akımdır. Bu akıma karanlık akımı denir. *Şekil-2* de fotodiyodun karanlık ve ışıklandırılmış durumlardaki Akım-Gerilim karakteristikleri gösterilmiştir. Burada (A) eğrisi fotodiyodun karanlık durumundaki, (B) eğrisi ise fotodiyodun ışıklandırılmış durumdaki Akım-Gerilim karakteristikleridir.



Şekil 7

Karakteristikler 4 bölgeden oluşmaktadır. Birinci bölgede fotodiyoda doğru polaritede gerilim uygulanmıştır. Bu bölge fotodiyot uygulamaları için uygun değildir. Çünkü bu bölge de fotodiyot normal bir diyot gibi davranır. İkinci bölgede fotodiyodun cevabı yoktur. Üçüncü bölge ters polariteli gerilimin uygulandığı bölgedir. Işını algılamak için uygun bölgedir. Dördüncü bölge fotovoltajik bölgedir.

Fotodiyodun iki çalışma rejimi vardır. Bunlar fotovoltajik ve fotoiletkenlik rejimleridir. Şekil-3a da fotodiyodun fotovoltajik Şekil-3b de fotoiletkenlik çalışma rejimlerini ifade eden şemaları Şekil-3c de ise spektrum diyagramları verilmiştir.

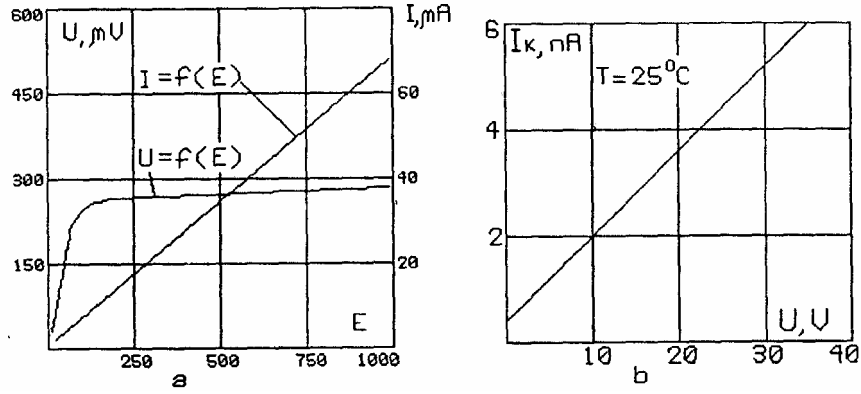


Şekil 8

**Fotovoltajik Rejim:** Gerilim kaynağı olarak çalışma da adlandırılabilir. Şekil-4 de görüleceği gibi fotodiyodun üzerinde elde edilen gerilim önce ışık şiddetine göre doğrusal ve daha sonra logaritmiktir. ( $U=f(E)$  eğrisi )

Fotodiyoda paralel bağlı yük direnci çok yüksek değerde seçilmiştir. Çok küçük değerde bir yük direncinde ise gerilim değişimi doğrusaldır. Yani yük direnci yaklaşık olarak fotodiyodun iç direncine eşittir. Bu durum hemen hemen kısa devre demektir. Ancak bu durum için fotodiyoda düşen ışıkla elde edilen

gerilim tam doğrusal karakterdedir. Pratikte yukarıda açıklanan durumlardan dolayı bu fotodiyot için ne tam logaritmik ne de tam doğrusal çalışabilir demek doğru olur.



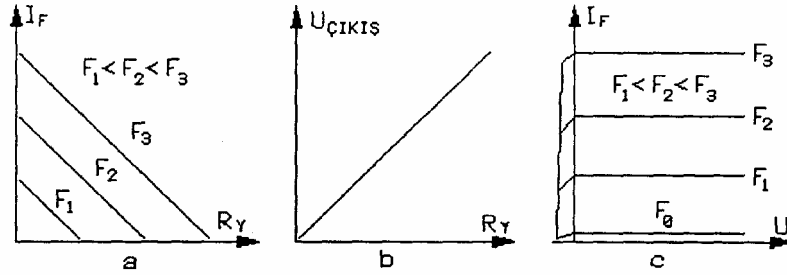
Şekil 9

Çok küçük bir direnç bağlanmış olsa da fotodiyot eğrisi oldukça doğrusal bir karakteristik göstermesine rağmen hassasiyet çok küçük değerde olacaktır. O halde yük direncinin yükseltmek gerekir. Fakat bu seferde doğrusallık bozulmaktadır. Ayrıca yine pratikte ulaşılamayan durum da ışık gerilimi ile üretilen gerilim arasındaki tam logaritmik orandır. Gerekli dış direnç bu durumda çok yüksek olmaktadır. Gerilim kaynağı (fotovoltaik rejim) olarak kullanılmasında çıkış gerilimi ile ışık şiddeti aşağı yukarı logaritmiktir. Ancak bu durum, yük direnci değerinin 10 M Ohm veya daha fazla olduğunda geçerlidir. 10 M Ohm un altında artık logaritmik değişimden söz edilemez.yani fotodiyot bir gerilim kaynağı olarak devreye alınmış ise ve yüksek değerde bir yük direnci üzerinde çalışıyorsa ışık şiddetine göre gerilimin değişimi logaritmiktir.

Fotoiletkenlik Rejimi: Akım kaynağı olarak çalışma olarak da adlandırılabilir. Bu durumda dışarıdan ayrı bir gerilim kaynağına ihtiyaç vardır. Akım kaynağı rejiminde,uygulanmış besleme gerilimi fotodiyodun akım geçirme yönünün tersi doğrultusunda ve seri olarak bir yük direnci bağlanır.

Akım kaynağı olarak çalışan fotodiyodun dış besleme geriliminin maksimum seviyesi 30 volt civarındadır. Fotodiyod yüksüz durumda ve iki ucu bir mikroampermetreye bağlı olursa ışın şiddeti ile akım arasındaki bağlantının doğrusal olduğu görülür. Bunun anlamı ışın şiddeti çok geniş bir oranda değişse de foto akımının şiddeti ile değişimin doğrusal kalmasıdır.

Akım kaynağı rejiminde çalışan fotodiyodun dinamik sahası daha geniştir. Ayrıca uygulanan ters gerilimin büyüklüğüne göre bir kapasite değeri düşer. Böylece daha yüksek frekanslarda çalışabilmek için gerilim seviyesini daha yüksek tutmak gerekir. Ancak gerekli olan ters yönlü gerilim fotodiyodun üzerinde kıvılcımlanma gürültüsü olarak adlandırılan titreşimlere sebep olur. Bu durum zener diyotlarda oluşan gürültüye benzer niteliktedir. Belirtmek gerekir ki ters yönlü besleme geriliminin artışı ile kaçak akım seviyesi de artar.

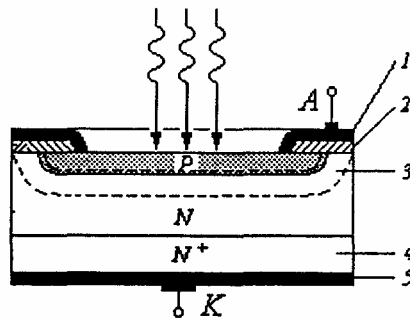


Şekil 10

Çok daha önemli ve ağır basan bir kötü yanı da karanlık seviyesinde akımın sıcaklık etkisiyle artışıdır. Genelde fotodiyodun karakteristikleri Şekil-5 da gösterildiği gibidir. Pratikte elde edilen sonuçlar, çoğu kez iyi ve kötü tarafların ortalaması şeklindedir. Bu ortalamanın değeri kullanım alanına göre değişmektedir. Eğer fotoalıcı yüksek frekanslarda çalışıyorsa fotosinyalin hızlı yükselme süresine ihtiyaç vardır. Bu durumda yüksek değerlerde bir ters gerilim kaynağına ihtiyaç duyulur. Bu uygulama neticesi olan düşük değerlerde bir doğrusal karakteristiğe ihtiyaç olmaz. Eğer fotodiyot ışık ölçümü için kullanılıyorsa elbette iyi bir doğrusal oran bulmak zorundadır.

### Fotodiyotların Yapısı

Günümüzde en çok kullanılan fotodiyotlar, planar, PIN, çığ ve schottky fotodiyotlarıdır. Fotodiyotların spektral cevabı ve karakteristikleri, fotodiyodun yapısında kullanılan yarıiletken malzemenin tipi ve dizaynı ile belirlenir. En çok kullanılan fotodiyotların çeşitli yapılarını inceleyelim.



Şekil 11

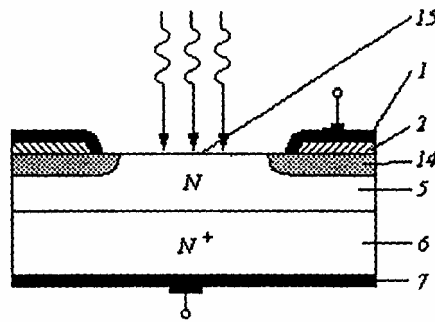
Planar difüzyon teknolojisi ile geliştirilmiş fotodiyotlar en geniş kullanılan fotodiyotlardır. Şekil-6 da planar difüzyon teknolojisi ile geliştirilmiş fotodiyodun yapısı gösterilmiştir.

Burada;

- 1-)Kontak
- 2-)SiO<sub>2</sub> tabakası
- 3-)Taşıyıcılar bakımından boşalmış bölge
- 4-)Katkı yoğunluğu bakımından fazla olan bölge
- 5-)Taban kontak

Diyodun üst kısmında fazla katkılanmış P tipi bölge ve onun altında az katkılanmış N tipi bölge yer alır. İki katkı yüzeyi arasında fakirleşmiş bölge yerleştirilmiştir. Katkı yoğunluğunun farklılığından dolayı fakirleşmiş P tipi bölge, N tipi bölgeye göre daha derindir. Fotodiyodun alt kısmında N (+) tipli bölge bulunur ve fotodiyodun metale bağlanması sağlanır. Üst kontak SiO<sub>2</sub> ile kaplanmıştır.

Fotodiyotta üzerine düşen fotonların yarıiletken malzemenin içinde ilerlemesi ışının dalga boyuna bağlıdır. Düşük dalga boyundaki ışınlar (örneğin ultraviyole ışınlar) yüzeyde emilir ve yapı içinde ilerleyemezler. Uzun dalga boylu ışınlar (kızıl ötesi ışınlar) yapı içerisinde derinlere kadar ilerleyebilirler. Böylece geniş cevaplı bir fotodiyot, ince bir P tabakasına ve kalın bir zayıflamış bölgeye sahip olmalıdır.



Şekil 12

Fotodiyodun cevap hızı, zayıflama bölgesinin kalınlığı ve fotodiyot üzerine uygulanmış ters polariteli gerilim tarafından belirlenmektedir. Zayıflamış bölgenin kalınlığı N tipi bölgenin katkı yoğunluğu ile kontrol edilir. Düşük katkı yoğunluğu zayıflamış bölgenin kalınlığını artırır ve fotodiyodun kapasitesini düşürür. Bu teknik PIN fotodiyotlarında kullanılır. PIN fotodiyotlarının P ve N

tipi bölgeleri arasına düşük katkılı ve yüksek dirençli N tipi bölge ilave edilir. PIN fotodiyodu ince zayıflamış bölgeye sahiptir. Dolayısıyla cevabı hızlıdır.

Şekil-7 de Schotty fotodiyodun yapısı gösterilmiştir.

Burada;

1-)Kontak

2-)SiO<sub>2</sub> tabakası

5-)N bölge

6-)Katkı yoğunluğu fazla olan bölge

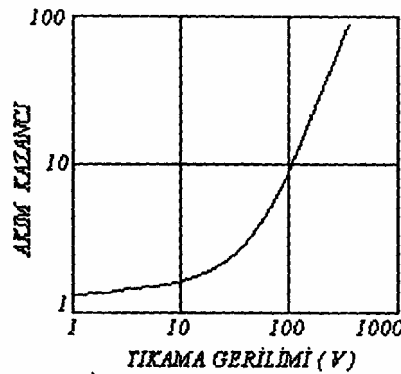
7-)Taban kontak

14-)Yarı izole edilmiş bölge

15-)İnce altın kaplamalı trnsaparent

İnce altın trnsaparent tabakası (kalınlığı 10nm'den az) N tipi yarıiletkenin (Genellile GaAs veya GaP) üzerindedir. Burada zayıflanmış bölge çok incedir.

Çığ fotodiyodu iç kazanç mekanizması olan jonksiyonlu fotodiyotdur. Çığ fotodiyodu, devrelerde çalıştırmak için ters polariteli gerilim uygulamak gerekir. Fotonlar tarafından oluşturulan elektronlar iletkenlik bandına geçerler. Yüksek elektrik alanından dolayı elektronların diğer atomlara çarpması ile çok sayıda elektron ve delik çifti oluşur. Böylece bir çoğullama kuvvetlenme olayı oluşturur. Elektronların atomlara çarpması rastgele olduğundan shot gürültü oluşur ama gerekli sinyal/gürültü oranı sağlanırsa güvenli çalışma sağlanır.



Şekil 13

Akım kazancı, uygulanan ters gerilime ve jonksiyonun geometrisine bağlıdır. Tipik bir ilişki Şekil-8 da gösterilmiştir.

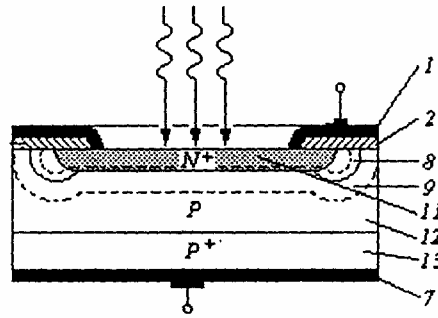
Eğriden de görüldüğü gibi kazanç, uygulanan ters gerilimin değerine çok bağlıdır ve kararlı bir çalışma için uygulanan ters gerilimin değeri de kararlı olması gerekir. Maksimum kazanç ısı ile oluşan taşıyıcılar tarafından sınırlanır.

Şekil-10 da çığ fotodiyodun yapısı gösterilmiştir.

Burada;

- 1-)Kontak
- 2-)SiO<sub>2</sub> tabakası
- 7-)Taban kontak
- 8-)Hafif katkılanmış koruma tabakası
- 9-)Taşıyıcılar bakımından zayıflamış bölge
- 11-)Katkılanmış N tipi bölge
- 12-)P tipi bölge
- 13-)Ek tabaka

Çığ fotodiyotları yüksek hızlı kombinasyon ve fiber-optik uygulamarda sıkça kullanılırlar. Çünkü diyodun içinde oluşan iç kazanç bu uygulamalar için en uygun eleman kılmasıdır.



Şekil 14

Fotodiyotlar kararlı elemanlardır. Sıcaklık katsayıları dalga boyu ile değişmekle birlikte tepe dalga boyunda sıcaklık katsayıları çok düşüktür. (%0,1 C den küçük) Bu da fotodiyodu meteoroloji uygulamaları için uygun eleman yapmıştır. Sıcaklık ile fotodiyodun karanlık akımı ile şönt direnci değişir.

Fotodiyotlar ultraviyole bölgesinden kızılötesi bölgesine kadar geniş bir spektrum aralığında kullanılabilirler. Fotodiyodun ışın spektrumundaki çalışma bölgesi, temel olarak fotodiyodun tasarımında kullanılan yarıiletken malzemeye bağlı olmakla birlikte aynı zamanda jonksiyonun dizaynına ve pencere malzemesinin cinsine de bağlıdır.

Düşük optik sinyal seviyelerinde fotodiyot kullanırken gürültü çok önemli bir konuma gelir. Jonksiyonlu fotodiyotlarda iki önemli gürültü vardır: shot gürültü ve ısı gürültü. Shot gürültü yüksek optik sinyal seviyelerinde, ısı gürültü ise düşük optik sinyal seviyelerinde yer almaktadır.

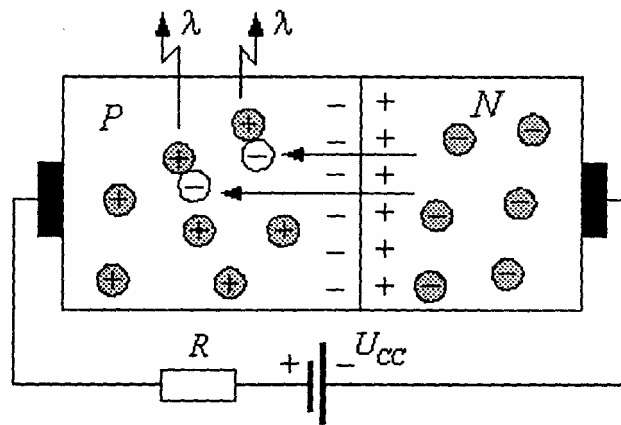


## LED (Light Emitting Diode)

Led'ler optoelektronikte en yaygın kullanılan ışın vericilerdir. Led'ler P-N jonksiyonlu bir elemandır ve dolayısıyla P-N jonksiyona ait özellikler içermektedirler. Akım-Gerilim karakteristiği ve ışıma diyagramı (ışının ortama yayılması) Led'lerin önemli karakteristikleridir.

LED (Light Emitting Diode) P-N jonksiyonlu bir yarıiletken olup iletim yönünde kutuplandığında ışık yayacak şekilde tasarlanmıştır. Bu ışık kırmızı, sarı yeşil yada kızıl ötesi gibi çeşitli renklerde olabilir. Normal diyotta olduğu gibi Led'de de düşük değerlerde bir eşik gerilimi vardır. Bu eşik gerilim jonksiyonun direnci düşer ve akım iletmeye başlanır. Led'lerin devrelerde kullanımında bu akım bir dirençle sınırlanmalıdır. Led'lerin yaydığı ışığın miktarı üzerinden geçen akıma bağlıdır. Bu akım doğru bir akım yada darbeli bir akım olabilir. Genelde günümüzde kullanılan Led'ler darbeli rejimde çalıştırılmaktadır. Bunun nedeni, darbeli rejimde istenen ışın şiddetinin elde edilmesidir. İletim yönünde bir akım uygulandığında Led hemen ışık verir.

Led'lerin tipik yükselme ve düşme süreleri nano saniye mertebelerindedir. Bu hızlı cevaplarından dolayı optoelektronik sistemlerde yüksek hızla anahtarlama yapan ışın verici olarak kullanılmaktadırlar. Led'lerin çalışma ömrü çok uzundur. Bazı Led'lerin çalışma süresi 100.000 saat civarındadır. Uygulamada Led bir kez yerine lehimlendikten sonra sonsuz ömre sahipmiş gibi varsayılabilir. Led'in yapısı Şekil 1 de gösterilmiştir.



Şekil 15

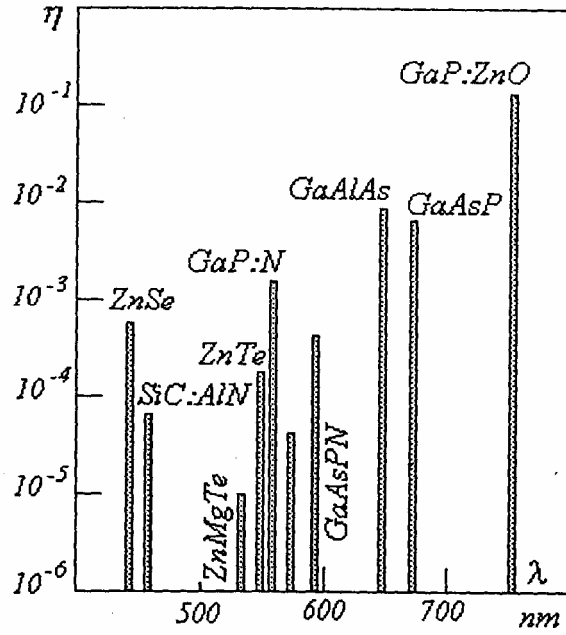
Led'ler yarı iletken optoelektronik düzenlerdir. Led'lerin elektriksel ve ışık verme özellikleri P-N geçidinin ileri yönde ve tıkama yönünde bir gerilimle sürülmesi halinde elektronların rekombinasyon olayına dayanır. Led'lerin çalışması elektrik enerjisinin optik ışına çevrilme ilkesine dayanmaktadır. Led'den yayılan ışığın spektrumu elektromağnetik spektrumun görünen ve kızıl ötesi bölgelerinde yer alır. Led'ler iletim yönünde kutuplandığında elektromağnetik ışımaya yapan yarı iletkenlerdir. Bu ışımının dalga boyu kullanılan malzemeye ve katkı maddelerine bağlıdır.

Led'ler yaydıkları ışığın spektrumuna ve dalga boyuna göre iki sınıfa ayrılırlar.

- 1-)Görünen ışık veren Led'ler
- 2-)Kızıl ötesi ışık veren Led'ler

İstenilen dalga boyunda ışın elde etmek için Çeşitli yarı iletken malzemeler kullanılmaktadır.

Şekil 2 de çeşitli yarı iletken malzemelerden yapılmış Led'lerin kuantum enerjileri ve ışın dalga boyları görülmektedir.

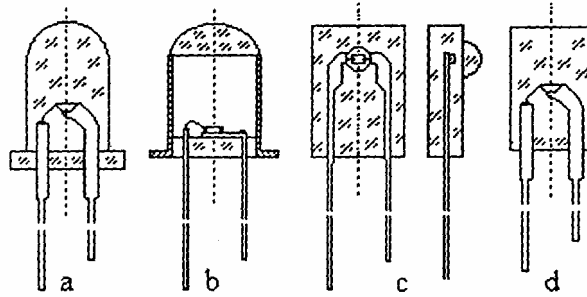


Şekil 16

Şekil 17

Tablo

Yarıiletken malzeme	Dalga boyu , $\mu m$
<i>SiC, InGaP, GaN</i>	0,4.....0,68
<i>GaP, GaAsP,</i>	0,6.....0,7
<i>GaAs, GaAsP</i>	0,7.....0,95
<i>GaAlAs</i>	0,7.....0,95
<i>GaAsSb, AlGaAsSb</i>	1,0.....2,0
<i>InGaAsP, InP</i>	1,0.....2,1
<i>InGaAsSb, GaSb</i>	1,8.....4,0
<i>InGaAsSb, InAs</i>	1,8.....4,0
<i>InAs, InGaAs</i>	1,8.....4,0



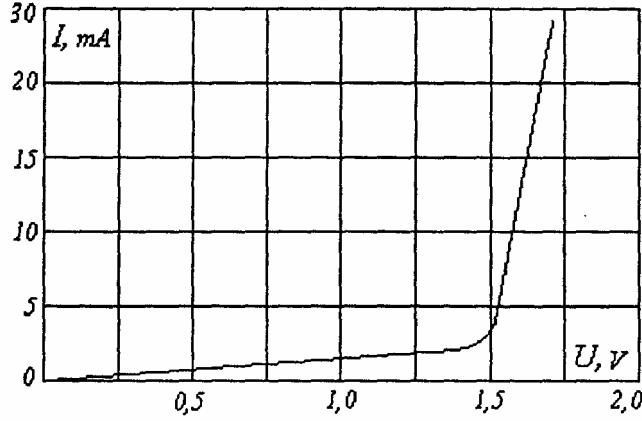
Şekil 18

Led'lerin yapısında kullanılan yarı iletken malzemeler ve onlara ait dalga boyları Şekil 3 de gösterilmektedir.

Kullanım amacına göre Led'ler çeşitli kılıf (kutu) içinde tasarlanırlar. Led kılıfları plastik ve metalik olabilirler. Şekil 4 de Led kılıflarının bazı örnekleri gösterilmiştir. Işıma diyagramları geniş açılı olan Led'ler genelde plastik kılıf içinde tasarlanırlar. Işıma diyagramları küçük açılı olan Led'ler genellikle metalik kılıf içinde tasarlanırlar ve ışın çıkan bölgesine cam veya plastik mercek yerleştirilir.

## LED'lerin Karakteristikleri ve Parametreleri

Led'in verdiği ışık tek renkli (Kvazimonokromatik) yani tek dalga boyuna sahip olduğu söylenebilir. Led'leri uygun şekilde kullanabilmek için imalatçı verilerini iyi bilmek gerekmektedir. Aşağıdaki şekillerde bu verilerden bazıları gösterilmiştir. *Şekil 5* de Led'in akım gerilim karakteristiği görülmektedir.



Şekil 19

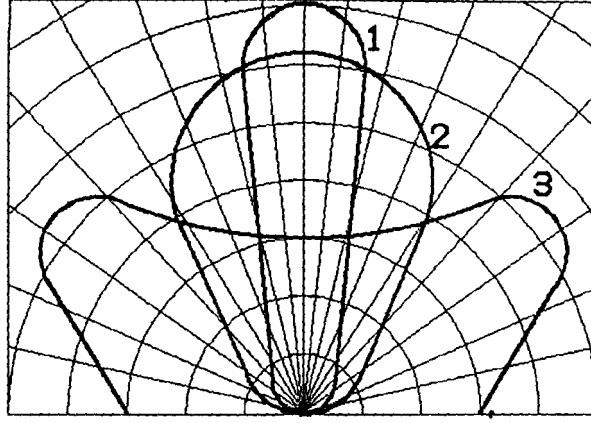
Burada GaAsP'den yapılmış olan Led'in iletme geçtiği eşik gerimi görülmektedir. GaAsP Led'in bu eşik geriliminin tipik değeri 1,65 V'dur. GaP diyodunun Akım-Gerilim eğrisinin genel şekli aynı olmasıyla beraber eşik gerilimi değeri 2 V. ile 3 V. arasındadır. Eşik gerilimenden sonra akım aniden yükselmektedir. Led'in bozulmasını önlemek için akımı sınırlamak gerekir.

Led'in parametrelerinden biri de ışığa diyagramıdır. Bu diyagram Led ışığının ortamda nasıl yayıldığını gösterir. Led'lerin ışığa diyagramları çeşitli açılara sahiptir.

Led'in mercekle düzeni, çevresine yaydığı ışık miktarını etkiler. *Şekil 6* da gösterildiği gibi meydana gelen ışığın ortalama yayılma diyagramı dar veya geniş açılı olabilir. Kullanılan ışığın spektrum açıklığı uygulamaya bağlıdır. Örneğin spektrum açıklığı dar olan Led'ler optik haberleşmede kullanışlı olmasına rağmen indikatör olarak iyi değildir.

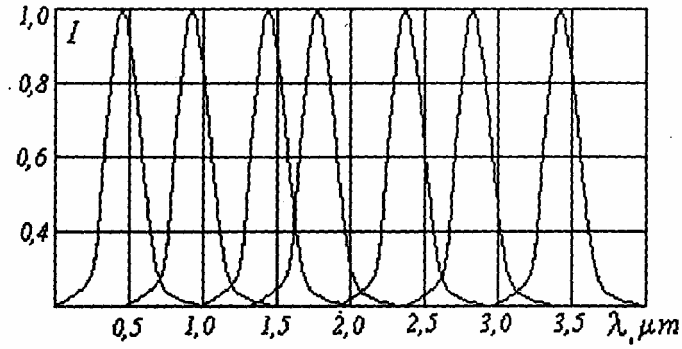
Led'in ışım diyagramının gerekli biçimde elde edilmesi için çeşitli optik elemanlar kullanılabilir. Örneğin çok küçük açılı ışım diyagramının elde edilebilmesi için dışardan eklenmiş mercekle sistemi uygulanabilir.

Led sabit bir akımla sürülse bile sıcaklık Led'in yaydığı ışığı fazla etkilemez. Çok sıcak çevre koşullarına girilmedikçe çoğu uygulamada sıcaklık önemli bir etken değildir. Led'ler daima önerilen sınırlar içerisinde çalıştırılmalıdır. Ortalama akım, belirtilen değerler içinde kaldıkça max. akım en yüksek sınır tepe değerini aşabilir.



Şekil 20

Led'lerin ışık spektrum eğrisi kvazimonokromatiktir. Yani monokromatik ışık spektrumuna yakındır. Şekil 7 de Led'lerin spektrum eğrileri gösterilmiştir. Bu spektrum karakteristiklerinden görülmektedir ki günümüzde üretilen Led'ler  $0,4\mu\text{m}$ 'den  $4\mu\text{m}$ 'ye kadar olan optik bölgeyi kapsamaktadır. Gerekn yarı iletken malzeme kullanılarak bu optik bölgede istenen spektrumlu Led elde edilebilir.



Şekil 21

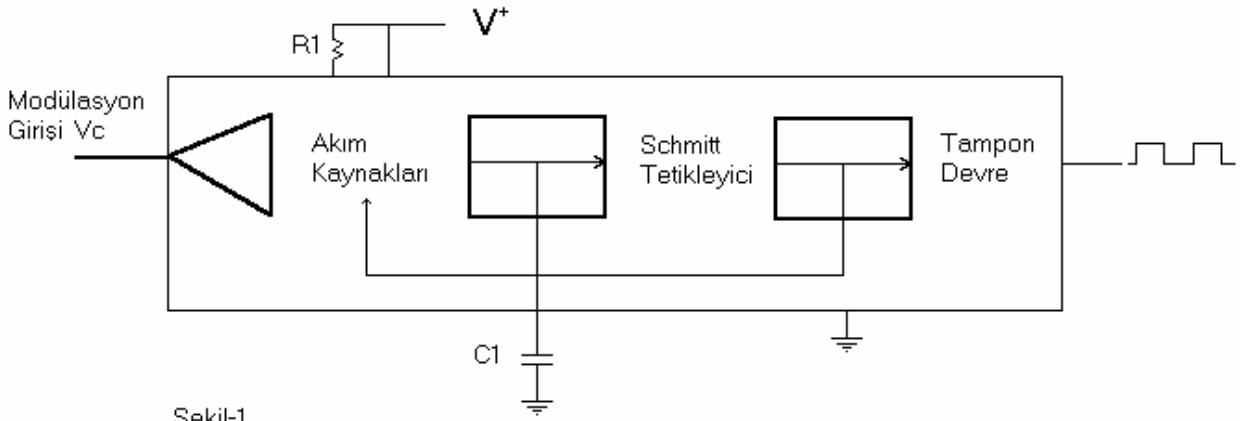
Kızıl ötesi Led'lerde ışın şiddeti akımın bir fonksiyonudur. (  $P=f(I)$  ) ve burada ışık şiddetinin birimi Watt'dır.

## GERİLİM KONTROLLÜ OSİLATÖR

Gerilim kontrollü bir osilatör, frekansı DC gerilimi ile belirli sınırlar içinde ayarlanabilen bir osilasyon çıkış sinyali (tipik olarak kare veya üçgen dalga) üreten bir devredir. 4046 VCO'ya bir örnek teşkil eder bu entegre, frekansı dış direnç ve kondansatörlerle belirlenen ve uygulanan DC gerilim ile değiştirilebilen kare dalga ve üçgen dalga üreten devreler içerir.

Şekil 1 de görüldüğü gibi temel bir VCO'da C<sub>1</sub> kondansatörünü, R<sub>1</sub> dış direnci ile belirlenen bir hızda doldurmak ve boşaltmak için kullanılan akım kaynakları ve bir DC modülasyon giriş gerilimine ihtiyaç vardır. Kondansatörün doldurulması ve boşaltılması için, akım kaynaklarını anahtarlamak amacı ile bir schmitt tetikleyici devresi kullanılmıştır. Kondansatörün üzerinde olan üçgen dalga gerilimi ile schmitt tetikleyiciden gelen kare dalga tampon yükselteçleri üzerinden çıkış olarak verilir.

$$f_o = \frac{2}{R_1 \cdot C_1} \frac{V^+ - V_c}{V^+}$$



## FAZ KİLİTLEMELİ DÖNGÜ (PLL)

4046 Entegresi VCO (Voltaj Kontrollü Osilatör) modülü ile birlikte bir faz kilitlemeli döngü yapısını da içerir.

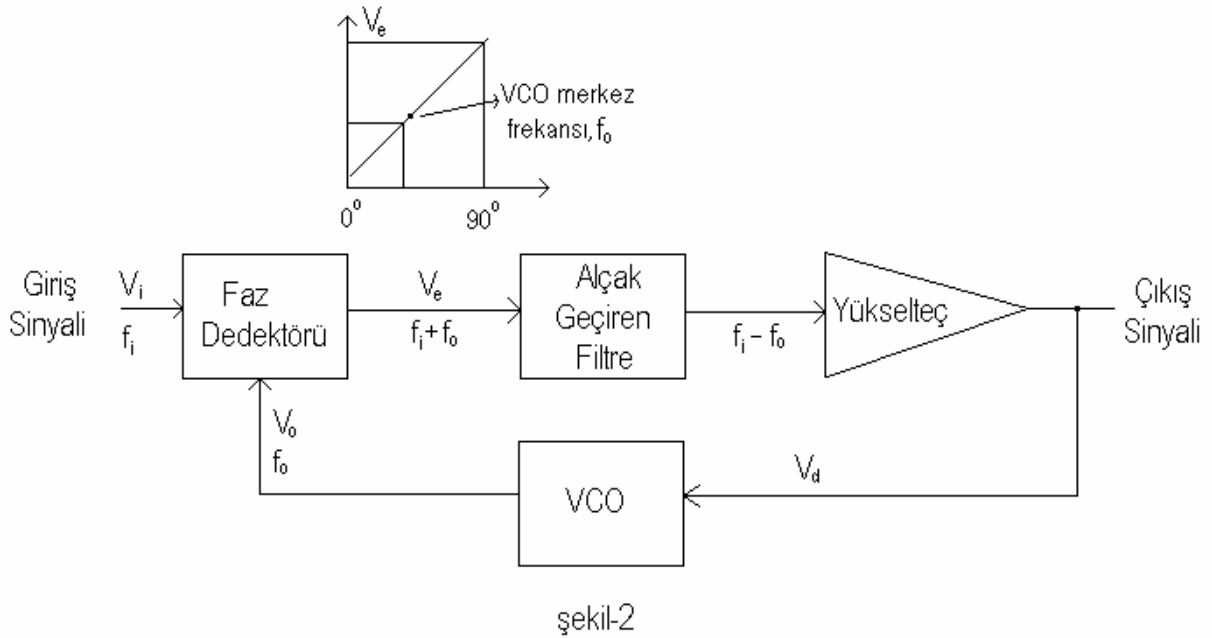
Faz kilitlemeli döngü Şekil-2 de görüldüğü gibi bağlanan bir faz dedektörü, bir alçak geçiren filtre ve gerilim kontrollü osilatörden oluşan elektronik bir devredir. PLL'nin yaygın kullanım alanları arasında şunlar sayılabilir:

1-) Bir referans sinyal frekansının katlarını üreten frekans sentezleyici.

2-) Giriş sinyal frekansı ile PLL çıkış gerilimi arasında mükemmel bir doğrusallığa sahip FM modülasyon devreleri

3-) Frekans kaydırmalı anahtarlama (FSK) çalışmasında kullanılan sinyal veri iletimindeki taşıyıcı frekansların veya iki veri iletiminin de modülasyonu.

4-) Modemler, telemetre, alıcı ve vericileri, ton kod çözücülerini, genlik modülasyonu (AM) dedektörleri.



$V_i$  giriş sinyali ile VCO'dan elde edilen  $V_0$ , bir faz karşılaştırıcısı da karşılaştırılır. Bu işlem sonunda, iki sinyal arasındaki faz farkını gösteren bir çıkış gerilim üretilir ( $V_e$ ). Bu gerilim daha sonra, PLL'den çıkış gerilimi olarak alınabilen ve VCO frekansını modüle eden bir gerilim olarak kullanılabilen bir çıkış gerilimi sağlayan alçak geçiren filtreye uygulanır. Devrenin kapalı döngü çalışmasının nedeni, VCO frekansının giriş sinyal frekansına kilitlemesidir.

## TEMEL PLL ÇALIŞMASI

PLL devresinin temel çalışması, *Şekil-2* deki devre üzerinde açıklanabilir. İlk önce, döngü kilitlendiği zaman (giriş sinyal frekansı ile VCO'nun frekansı aynıdır). Giriş sinyal frekansı ile VCO'dan karşılaştırma devresine gelen frekans aynı olduğu zaman, çıkış olarak alınan Vd gerilimi, VCO'yu giriş sinyali ile kilitli tutmak için gereken değerdir. Ardından VCO, giriş frekansında sabit genlikli kare dalga sinyali üretir. En iyi çalışma VCO merkez frekansının ( $f_0$ ), kendi doğrusal çalışma aralığının ortasındaki DC ön gerilim noktasına ayarlanması ile elde edilir. Yükselteç, filtre devresinin çıkışı olarak elde edilen DC gerilimin ayarlanmasını mümkün kılar. Döngü kilitli olduğu zaman karşılaştırıcıya uygulanan iki sinyal aynı fazda olmasa da aynı frekanstadır. Karşılaştırıcıya uygulanan iki sinyal arasındaki sabit faz farkı, VCO için sabit bir DC bir gerilimi oluşturur. Bu durumda giriş sinyali frekansındaki değişimler, VCO ya uygulanan DC gerilimin değişmesine neden olur. Yakalama ve kilitleme frekans aralığında DC gerilimi, VCO frekansını süzerek giriş frekansıyla eşitlenmesini sağlar.

Döngü, kilitleme durumuna geçmeye çalışırken, faz karşılaştırıcının çıkışı karşılaştırılan sinyallerin toplam ve fark sinyal bileşenlerinin içerir. Alçak geçiren filtre, döngünün, giriş ile VCO sinyalleri arasında kilitleme sağlayabilmesi için sinyalin sadece alçak frekans bileşenlerini geçirir.

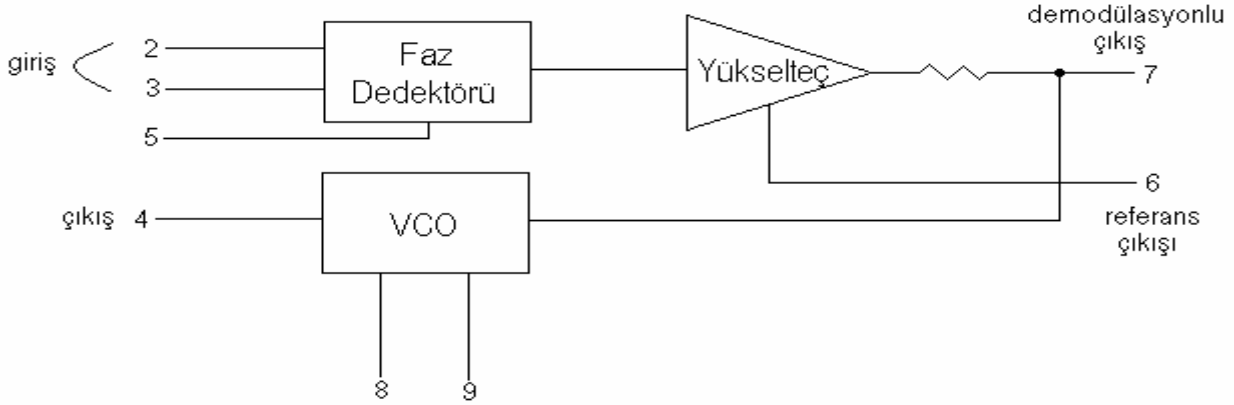
VCO'nun sınırlı çalışma aralığı ve PLL devresinin geri besleme bağlantısından dolayı, PLL için belirlenen iki önemli frekans bandı vardır. PLL'nin yakalama aralığı, döngünün giriş sinyali ile kilitlenme sağlayabildiği VCO serbest çalışma frekansı  $f_0$  civarında merkezlenen frekans aralığıdır. PLL'nin yakalamayı gerçekleştirdikten sonra, kilitleme aralığı olarak adlandırılan biraz daha geniş bir frekans aralığında giriş sinyali ile kilitlenmeyi sürdürür.

## TEMEL PLL İLE FREKANS DEMODÜLASYONU

FM demodülasyonu veya dedeksiyonu doğrudan doğruya PLL devresi kullanılarak gerçekleştirilebilir. PLL merkez frekansının FM taşıyıcı frekansında seçilmesi halinde *Şekil-2* deki filtrelenmiş gerilim veya çıkış gerilimi, değeri sinyal frekansındaki değişme ile orantılı olarak değişen demodülasyonlu gerilimdir. Böylece PLL devresi, FM alıcılarında kullanılan ara frekans (IF) devresi, sınırlayıcı ve demodülatör gibi çalışır. Popüler bir PLL birimi (*Şekil-3a* da gösterilmiştir) kısmen içten bağlı bir faz dedektörü, bir yükselteç ve gerilim kontrollü osilatörden oluşur. VCO nun serbest çalışma veya merkez frekansını ayarlamak için  $R_1$  dış direnci ve  $C_1$  dış kondansatörü kullanılmaktadır.  $C_2$  ile gösterilen ikinci bir dış kondansatör, alçak geçiren filtrenin geçirme bandını ayarlamak için kullanılır; burada PLL döngüsünü kapatmak için VCO çıkışının, geriye faz dedektörünün girişine bağlanması gerekir.

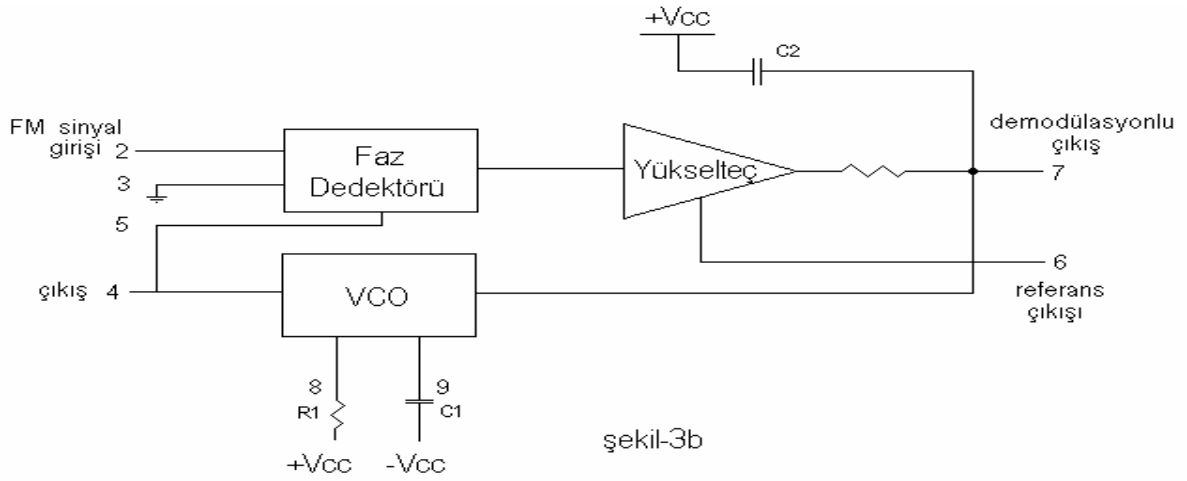


FM demodölatorü olarak alışan PLL dzenlemesi, Şekil-3b de gsterilmektedir. R<sub>1</sub> direnci ve C<sub>1</sub> kondansatörü f<sub>0</sub> serbest çalışma frekansını



şekil-3a

belirler.



şekil-3b

$$f_L = \mp \frac{8 f_0}{V} \quad f_0 = \frac{0.3}{R_1 C_1}$$

Dört nolu bacadaki sinyal kare dalgadır. Kilitleme aralığındaki giriş 7 nolu bacak üzerinde bir çıkış gerilimi yaratacaktır, bu gerilim f<sub>0</sub> 'a ayarlanmış giriş sinyali ile belirlenen DC gerilim düzeyi civarında değişecektir. Yedi nolu bacak

üzerindeki DC gerilim ile  $f_0$  frekansı civarında  $f_l$  frekans aralığındaki giriş frekansı arasında doğrusal bir ilişki vardır. Çıkış gerilimi, belirlenen çalışma aralığında frekanslarla değişen demodüasyonlu sinyaldir.

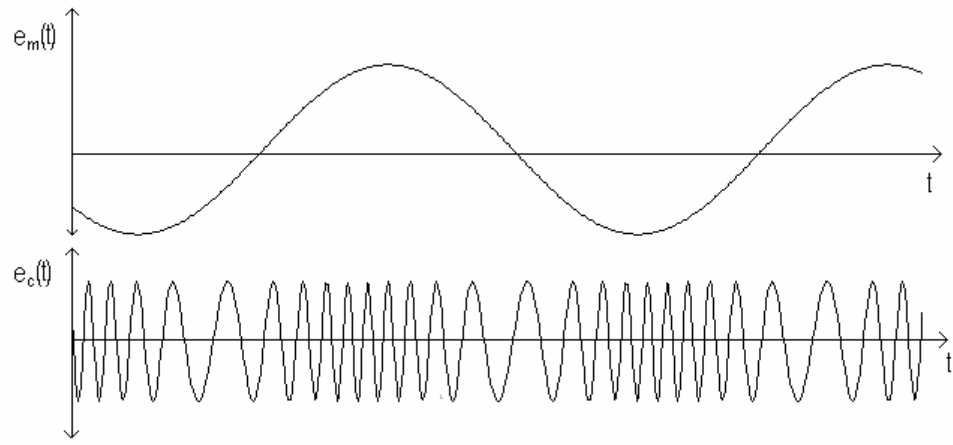
### **AÇI MODÜLASYONU**

Modülasyon için çok kullanılan bir yöntem, taşıyıcının frekansını değiştirmektir. Bu sistemin bir avantajı frekans modülasyonlu taşıyıcıyı karışan sinyallerden ayırt edebilmesidir. Demodülatör, bilgiyi içeren frekans değişmelerine duyarlıdır. Genlik değiştiren gürültü gerilimleri bilgi içeren sinyalden ayırt edilir; dolayısıyla, demodüle edilmiş çıkışta gürültünün etkisi az olur.

Bu modülasyon sistemi daha fazla bant genişliği gerektirmesine karşın, daha üstün gürültü özellikleri nedeni ile yaygın olarak kullanılmalıdır. Taşıyıcının frekansı bilgi sinyaline değiştirildiğinde, oluşan modülasyona frekans modülasyonu(FM) denir. Taşıyıcını fazı bilgi sinyaline uygun olarak değiştirildiğinde, oluşan modülasyona faz modülasyonu (PM) denir. Frekans modülasyonu da faz modülasyonu da açı modülasyonu türleridir; yani, taşıyıcının anlık açısı modüle edilir.

### **FREKANS MODÜLASYONU**

Frekans modülasyonunun geniş çapta kullanılması yönünde düşünceler ilk olarak 1920'li yıllarda ortaya çıkmıştır. Bu yıllardaki düşünce, modülasyonlu sinyalin bant genişliğini sınırlamak amacı ile, taşıyıcının frekansının çok dar sınırlar içinde değiştirmektir. Bu yaklaşım çok çekiciydi, çünkü istasyonların kalabalıklaşması probleminde bir çözüm vaat ediyordu. Ayrıca, dar bantlı FM'nin parazite ve karışmaya karşı da etkili bir yöntem olduğu düşünülüyordu. Frekans modülasyonunu, kolaylıkla bir frekans artışı yada azalışı olarak düşünebiliriz.



Şekil 4

