

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER.....	
.1	
BÖLÜM 1.....	
....4	
MİKROFONLAR.....	
4	
1.1. Dinamik Mikrofonlar.....	
.....4	
1.2. Kapasitif	
Mikrofonlar.....	5
1.3. Şeritli Mikrofonlar.....	
.....6	
1.4. Piezoelektrik Kristalli	
Mikrofonlar.....	6
1.5. Elektret	
Mikrofonlar.....	7
1.6. Karbon Tozlu	
Mikrofonlar.....	8
BÖLÜM 2.....	
9	

SES SİSTEMLERİ.....	9
2.1. Dolby Digital Nedir?.....	9
2.1.1. Dolby Digital AC-3 Ses Çıkışı Nedir?.....	11
2.1.2. Ev Sinama Sisteminde Ne Nedir?.....	13
2.2. Ev Eğlencesi Nedir?.....	13
2.2.1. Ses Deneyimi.....	14
2.3. DTS Nedir?.....	14
2.4. Dolby Digital 5.1'in DTS den farkı nedir?.....	15
2.5. Dolby ProLogic, Dolby Digital ve DTS.....	15
2.6. Ev Sinamasında Formatlar.....	16
2.6.1. Dolby Surround.....	17
2.6.2. Dolby Digital.....	17

2.6.3. DTS.....	17
2.6.4. Lucasfilm.....	17
2.7. Sistemin Beyni.....	18
2.7.1. Ön Hoparlörler.....	18
2.7.2. Arka Hoparlörler.....	18
2.7.3. Orta Hoparlörler.....	19
2.7.4. Subwoofer.....	19
BÖLÜM 3.....	21
AMPLİFİKATÖRLER.....	21
3.1. Giriş.....	21
3.1.1. Geribeslemeli Devrenin Transfer Fonksiyonu.....	21
3.1.2. Gerilim-Seri Geribeslemesi.....	24

3.1.3.	Geribeslemeli	Amplifikatörün	Analiz
Metodu.....			26
3.1.4.	Akım	Parelel	
Geribeslemesi.....			28
3.1.5.		Akım	
Geribeslemesi.....			30
3.1.6.	Geribeslemenin	Amplideki	
Etkileri.....			30
3.2.	Geribeslemeli	Amplilerin	Frekans Cevabı ve
Kararlılığı.....			31
3.2.1.	Geribeslemeli	Amplilerin	Frekans
Cevabı.....			32
3.2.1.1.	Tek	Kutuplu	Transfer
Fonksiyonu.....			32
3.2.2.	Çok	Kutuplu	Amplilerin
Analizi.....			Yaklaşık
			33
3.2.3.	Geribeslemeli	Amplilerin	
Kararlılığı.....			33
3.2.4.	Bode	Diyagramı.....	
.....			35
3.3.			Güç
Amplifikatörleri.....			
.....			37
3.4.			Genlik
Distorsiyonu.....			39

3.5. A Sınıfı Güç Amplifikatörü.....	40
3.5.1. A Sınıfı Amplifikatörün Verimi.....	41
3.6. B Sınıfı Güç Amplifikatörü.....	42
3.7. Entegre Devre Güç Amplifieri.....	44
3.8. Operasyonel Amplinin Tanıtılması.....	48
3.8.1. Operasyonel Amplinin Yapısı.....	49
3.8.2. Operasyonel Amplinin Karakteristiği.....	50
4. KAYNAKLAR.....	57

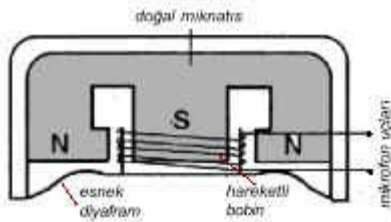
BÖLÜM - 1

MİKROFONLAR

Ses sinyallerini (akustik enerji) elektrik sinyallerine çeviren elemanlara mikrofon

denir. Bu elemanlar, ses sinyallerini elektrik sinyallerine çeviren transdüserler (transducer, transduser) olarak da tanımlanabilir. Mikrofonların yapısı, özelliği ve çalışma ilkesi nasıl olursa olsun en önemli elemanları diyafram adı verilen esnek zar kısmıdır. Çünkü hava ortamında ilerleyen ses dalgalarının oluşturduğu basınç ilk önce mikrofonun diyaframını titreştirmektedir. Mikrofon çeşitleri şunlardır:

1.1. Dinamik (bobinli, manyetik) mikrofonlar



Şekilde iç yapısı görülen dinamik mikrofonun diyafram (membran, kon, esnek zar) adı verilen kısmına gelen ses titreşimleri bu elemanın salınım yapmasına neden olur. Titreşen diyafram ise kendisine tutturulmuş olan çok hafif hareketli bobini titreştirir. Silindirik yapılı bir doğal mıknatısın içine yerleştirilmiş olan bobin ise gelen ses dalgalarının frekansında (AF: Audio frequency, ses frekans, alçak frekans) elektrik sinyalleri üretir. Üretilen elektrik sinyallerinin değeri son derece küçük olup, 1-10 mV düzeyindedir. Mikrofonun içindeki

mıknatısın yanında bulunan bobinde elektrik akımının doğuşu şu şekilde olmaktadır: Manyetik alan teorilerine göre, N-S mıknatıs kutuplarının yanında bulunan bir bobin sağa sola hareket ettirilirse ya da döndürülürse bobinin içinde bulunan elektronlar manyetik alan tarafından hareket ettirilir. Bu da elektrik akımını doğurur (indükler).



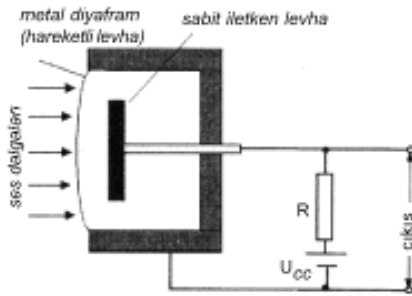
Çeşitli

dinamik

mikrofonlar

1.2. Kapasitif (kondansatör) mikrofonlar

Statik elektriklenme esasına göre çalışan mikrofon tipidir. Şekilde görüldüğü gibi kapasitif mikrofonlarda ses dalgalarının basıncı, ince metal diyaframı etkiler. Diyaframın esnemesiyle kondansatör gibi çalışan düzeneğin kapasitesi değişir. Bu değişim sesin özelliğine göre çıkışta elektrik sinyalleri oluşturur. Bu tip mikrofonlar yüksek kalite istenilen yerlerde kullanılır. Ayrıca hafif ve küçük yapılı olarak üretilebilirler.

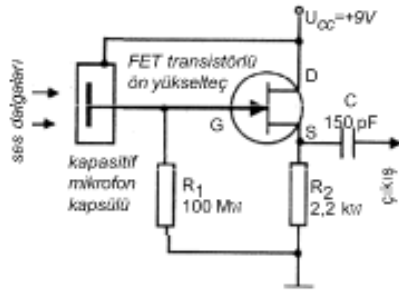


Kapasitif mikrofonların devreye bağlantısı şekilde görüldüğü gibi DC beslemeli olarak yapılır. Mikrofonun plâkalarına uygulanan DC, modele göre 1,5 - 48 V arasında değişmektedir. (Günümüzde yaygın olarak kullanılan kapasitif mikrofonların DC beslemesinde bir ya da iki adet kalem pil bulunur.) Mikrofonun içinde bulunan ön yükselteç devresinde kullanılan 100 Mohm değerli R 1 direnci FET'in DC polarma akımını sağlamaktadır.

Not: FET, çok küçük sinyallerin yükseltilmesinde kullanılan kaliteli transistördür. Resimde kapasitif mikrofon örnekleri verilmiştir.

Hatırlatma: Kondansatörlerin kapasitesinin artmasına neden olan etkenler şunlardır:

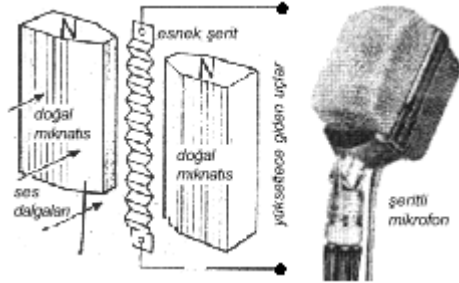
- I.** Levhaların boyutunun (yüzey alanının) büyümesi,
- II.** Levhaların birbirine yaklaştırılması,
- III.** Levhaların arasına konan yalıtkanın (dielektrik) kalitesinin yüksek olmasıdır.



Kapasitif mikrofonların bazı teknik özellikleri

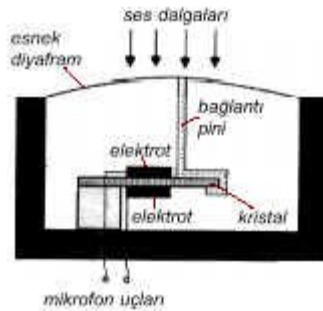
- I.** 50-15000 Hz arası frekanslı seslere karşı duyarlıdır.
- II.** Distorsiyon oranları azdır.
- III.** Empedansları büyüktür (10-30 MW).

1.3. Şeritli (bantlı) mikrofonlar



Şekilde görüldüğü gibi manyetik alan içine yerleştirilmiş ince bir alüminyum ya da kalay levhaya ses sinyalleri çarpınca, manyetik alan içinde hareket eden levhada ses frekanslı akım oluşur. Şeritli mikrofonların empedansı çok düşük, kaliteleri yüksektir. Sarsıntıdan, rüzgârdan olumsuz etkilendiklerinden kapalı ortamlarda kullanılırlar.

1.4. Piezoelektrik kristalli mikrofonlar (kristal mikrofonlar)



Kuartz (quartz), roşel (rochelle) tuzu, baryum, turmalin gibi kristal yapılı maddelere basınç uygulandığında üzerlerinde elektrik akımı oluşur. Bu akım, basıncın kuvvetine ve frekansına göre değişir. İşte bu esastan yararlanarak kristal mikrofonlar yapılmıştır. Kristalli mikrofonlarda, kristal madde şekilde görüldüğü gibi çok ince iki metal elektrot arasına yerleştirilmiş ve bir pim (küçük çubuk) ile diyaframa tutturulmuştur. Ses titreşimleri diyaframı titreştirince kristal de titreşmektedir. Kristaldeki titreşim ise AC özellikli sinyallerin oluşmasını sağlamaktadır.

Kristal mikrofonların bazı teknik özellikleri

I. Kaliteleri yüksektir.

II. Hassas yapılıdır.

III. Kristalin ürettiği gerilimin değeri çok küçük olduğundan mikrofonun içine mini bir ön yükselteç (preamfi) monte edilir.

IV. Mikrofonun yapımında kullanılan kristal, nem, sıcaklık ve güneş ışığından uzak tutulmalıdır.

V. Kristal, sarsıntı, düşürme ve çarpmalardan dolayı bozulabileceğinden, bu tip mikrofonların özenle kullanılması gerekir.

Ek bilgi: Piezo kelimesinin anlamı sıkıştırmadır. Bazı maddelerin sıkıştırılması elektron ve oyuk hareketini çok hızlandırmakta, gelen basıncın şiddetine göre maddede EMK oluşmaktadır. Sıkışmaya bağlı olarak gerilim üreten maddeler sadece mikrofon yapımında değil, kristal hoparlörlerde, basınç ölçerlerde ve benzeri kullanılırlar.

1.5. Elektret (electret) mikrofonlar

Rondela (halka) biçimindeki ince bir yarı iletken maddenin iki yüzü, üretim aşamasında elektrostatik yöntem kullanılarak artı (+) ve eksi (-) ile yüklenir. Bu elektrik yükü yarı iletkenin maddenin özelliğinden dolayı yıllarca aynı değerde kalır. Elektret kapsül, kristal mikrofonlarda olduğu gibi diyaframa bağlanmıştır. Diyafram titreştiğinde, elektret de hareket eder. Bu da kapsülün moleküler yapısını değiştirerek elektrotlar arasında bir gerilim oluşmasını sağlar. Şekil ve resimde elektret mikrofonların yapısı verilmiştir.

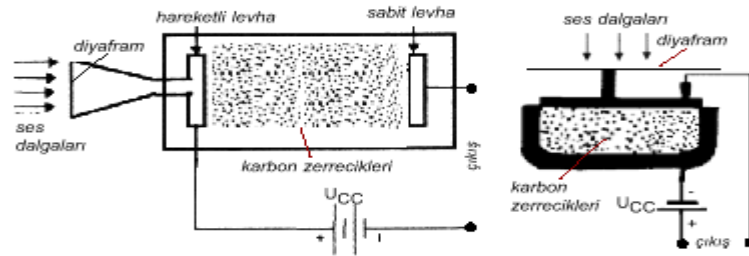


Not: Elektret sözcüğü, elektriklenebilen anlamına gelmektedir.

Elektret mikrofonların teknik özellikleri

- I.** Dirençleri (empedansları) yüksektir.
- II.** Boyutları küçük olduğundan yaka mikrofonu olarak kullanılmaya uygundur.
- III.** Hassasiyetleri yüksektir.
- IV.** İlave bir DC üreticiyle besleme yapmaya gerek duymazlar.
- V.** Frekans bantları geniştir. Yani alçak ve yüksek frekanslı sinyalleri dengeli olarak algırlar.

1.6. Karbon tozlu mikrofonlar



Karbon tozlu mikrofonlar şekilde görüldüğü gibi bir hazne içinde doldurulan karbon tozu zerrecikleri ve esnek diyaframdan oluşmuştur. Ses dalgaları alüminyum diyaframa çarpınca bu eleman titreşerek karbon zerreciklerinin sıkışıp gevşemesine yol açar. Tozlar sıkışınca akımın geçiş yolu kısılacığından direnç azalır. Tozlar gevşeyince ise akımın geçiş yolu uzayacağından direnç yükselir. İşte bu işlem esnasında sesin şiddetine göre karbon tozlarından geçen akım değişken özellik gösterir. Karbon tozlu mikrofonların çalışabilmesi için bir DC besleme kaynağına gereksinim vardır. Bu tip mikrofonların empedansları 50 ohm

dolayında olup çok küçüktür. Ayrıca, kömür tozları zamanla özelliğini kaybettiğinden mikrofonun hassasiyeti bozulmaktadır. İşte bu nedenle günümüzde çok kullanılan bir mikrofon tipi olmayıp, eski tip telefonlarda vb. karşımıza çıkmaktadır.

BÖLÜM - 2

SES SİSTEMLERİ

2.1. DOLBY DİJİTAL NEDİR?

1965 yılında, Ray Dolby adında bir Amerikan fizikçi ve mühendisi Londra'da Dolby Laboratuvarlarını kurdu. Hedefi profesyonellere ve genel kullanıma yönelik olarak ses kalitesini yükseltmek için parazit azaltma sistemleri geliştirmektir. Dolby ismi şu anda tüm dünyada biliniyor ve yarattığı çevresel ses standartları hem sinemalarda hem evlerde kullanılıyor. İlk önce Dolby Dijitalin iki atasının bir tanımını verelim:

- Dolby Surround: Üç kanala sahip, 100 Hz'den 7 kHz'e uzanan bir bant genişliği ile iki ön ve bir arka kanal.
- Dolby Pro Logic: Dört kanal ile Dolby Surround'un geliştirilmiş, bir merkez ve arka sesler için bir kanalı paylaşan iki element.

Dolby Dijital 5.1'e gelince (AC-3 - Audio Code-3 - olarak da bilinir.), altı kanala sahiptir: İki ön, iki arka, bir merkez ve bir subwoofer. Bir film çekilirken, genellikle ses en az beş mikrofonla kaydedilir (biri konuşmalar, dördü arka plan ses efektleri için). Dolby Surround ve Pro Logic'in aksine, bant genişliği 20 Hz'den 20 kHz'ye kadar uzanır. AC-3 terimi kullanıcının duyamadığı ses datasını yok eden ve altı kanalda kodlanmış Dolby Dijital bir ses üreten kodlama teknolojisine bir atıftır. Dolby Dijital ses için kati suretle gerekli olan şey bir dekoderdir - Creative Labs Extigy'deki, ya da Fortissimo III'deki gibi.

Dolby Dijital, 1:12 civarında sabit bir ses sıkıştırma metodu kullanır. Bunun anlamı, kodlanacak ses ne kadar çok olursa olsun, sıkıştırmanın her zaman aynı olacağıdır, böylece sabit çıkışlı bir sıkıştırma algoritmasına sahip oluruz. Bunun pratik yönü disk alanıdır, fakat kötü yönü ses miktarı arttıkça ses kalitesinin düşmesidir. Fakat DVD yüzeyinde daha az alan ses için kullanıldığından, farklı diller ve ekstra özellikler için daha fazla alan kalır ve bu kalite kaybını karşılayabilir. Genelde, AC-3 ses 18 bit’de kodlanır, böylece Bir AC-3 sesin standart çıkışı 384 Kbps olur (6 kanal x 18 x 48 kHz). Dolby Dijital dekoder, sesi ön kanallara bir milisaniye gecikme ile gönderir çünkü dinleme pozisyonu ön ya da merkez hoparlörlerine kıyasla arkaya daha yakındır. Bu ardışık ses almayı optimize eder. Bazı dekoderlerde en iyi dinleme ayarını verebilmek için bu gecikmeyi ayarlayabilirsiniz.

Dolby Dijital standartının ana avantajı, DVD için dijital ses çevre standartı olmasıdır. DVD standartını tanımlayan kurallara göre, DVD üzerinde Dolby Dijital Ses kaydı olmadan, başka hiçbir dijital ses kaydı koyulamaz. Böylece, bir DVD’de hiçbir zaman, mesela, bir DTS ses kaydını kendi başına bulamazsınız ve çoğu DVD sadece bir tane dijital ses kaydına sahiptir: Dolby. Bu da bizi standartın ikinci avantajına götürür - kesinlikle evrensel bir standarttır. Dolby Dijital 5.1 ses kayıtlı ilk film 1992’deki “Batman Returns” idi. O zamandan beri, tüm DVD’ler bu standartı kullandı.



Dolby Dijital EX, dinleme pozisyonun arkasında bir yada iki ekstra çevresel hoparlör desteği olduğundan, Dolby Dijital 5.1'in gelişmiş bir versiyonudur. Bunun anlamı, yan kolonlarınızı doğru pozisyona koyabileceğiniz ve ses efektlerini ve derinliği arkadan alabileceğinizdir. Yine de Dolby Dijital EX'in “gerçek” bir 6.1 yada 7.1 ses standardı olmadığını aklınızdan çıkarmayın çünkü çevresel kanal geleneksel 5.1 çevresel hoparlörlerden matris kodlama yolu ile elde ediliyor. Ses Dolby Dijital'deki gibi kaydediliyor ve altıncı kanal ilk kodlama yapıldığı zaman ekleniyor. Ses mühendisleri filmi izlerler ve hangi seslerin arkaya taşınması gerektiğine karar verirler, bu yüzden EX kesinlikle bir gelişmedir. 6.1'in mi yoksa 7.1'in mi iyi olduğu tartışmasına gelince, bu kesinlikle anlamsız. 6.1'de arka merkez hoparlör mono ses üretir. 7.1'de iki arka merkez hoparlör aynı mono sesi üretir. Fortissimo III 7.1 ve Digifire 7.1'in avantajı, daha fazla yada daha az istemenize göre 6.1'i ya da 7.1'i seçebilirsiniz.iki mod arasındaki seçim tamamen teknik bir meseledir. Eğer çok fazla dinleme alanına sahip geniş bir odaya sahipseniz, 7.1 mükemmel olur, aksi takdirde 6.1 kesinlikle yeterlidir.

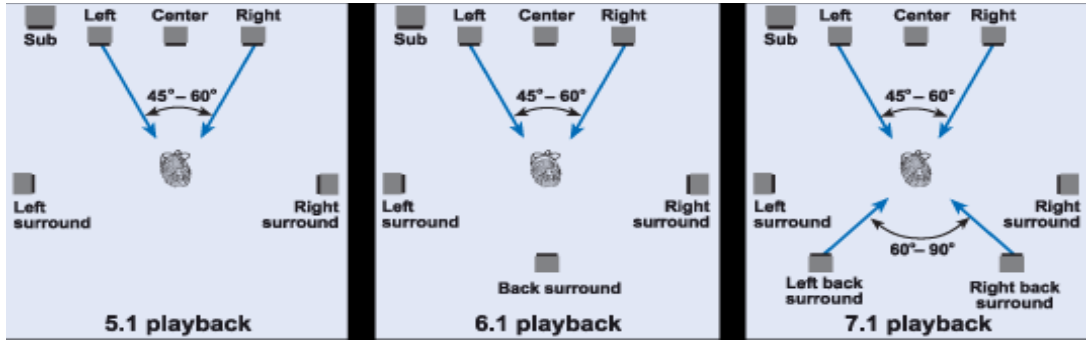
2.1.1. Dolby Digital AC-3 ses çıkışı nedir ?

AC-3, Dolby firması tarafından geliştirilen, eski analog Dolby surround sesin yerini alan çok daha geliştirilmiş bir surround ses sistemidir. Surround kanalı sadece mono sistemde çalışır ve bu da örneğin havada uçan bir jetin sesinin odada ki hoparlör arasındaki geçiş efektini olanaksız kılar. Ayrıca arka hoparlörlerin bant genişlikleri sınırlı olduğu için yeni bir sistemin ortaya çıkması için oldukça uzun bir süre geçmiştir.

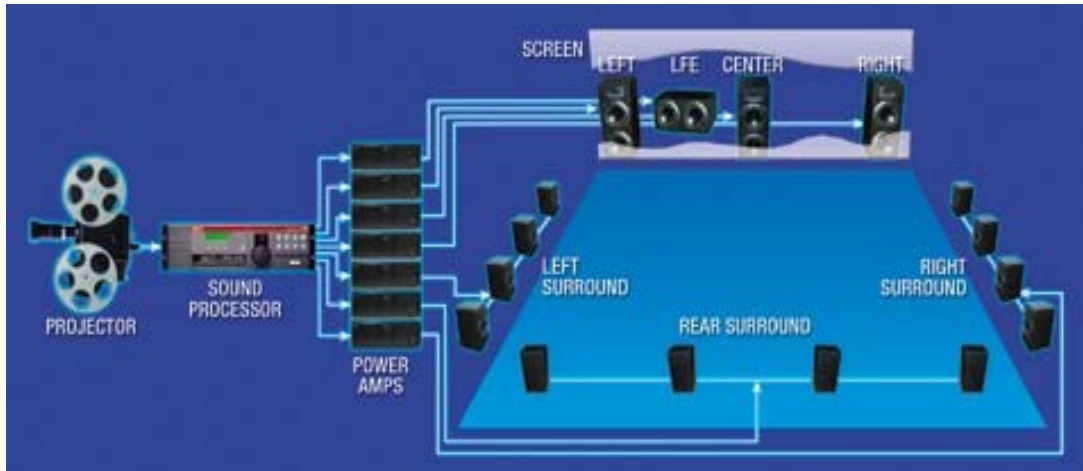
4 kanallı analog Dolby surround tersine AC-3 sistemi ses spektrumunu tam olarak kaplamak için 3 adet tam kapasiteli ön kanal ve 2 adet yine tam kapasiteli arka kanal içerir. Bir kanal sadece bas sesler için subwoofer kanal olarak seçilir. Bu 6 kanaldan gelen veri sıkıştırılarak bir veri seline dönüştürülür ve okunduktan sonra tekrar açılarak bu 6 kanala gönderilir. Böylece ses içerisindeki her türlü ince efekt fark edilebilir. Tabii ki tüm efektleri hissetmek için (Örneğin şifresiz Alman kanalı Pro 7'deki filmlerdeki) uygun bir anfiye ihtiyacınız vardır.

5.1, 6.1 ve 7.1: Bir Hoparlör Çarpım Tablosu

Filmlerde ya da DVD seslerinde 5.1, kayıdın 5 ana kanalda - sağ, sol, merkez, sağ çevre ve sol çevre - artı "5.1" in 1'iyle temsil edilen LFE'de (düşük Frekanslı Efektler) yapıldığı anlamına gelir. Hoparlörlere gelince, 5.1, 6.1 ve 7.1 terimleri ses sistemindeki elementlerin sayısını belirtir. Aralarındaki farklılık basittir: Sadece çevresel seslerin sayısı değişir - 5.1 için iki, 6.1 için üç ve 7.1 için dört çevresel ses kanalı vardır.



Bazı ses düzenlemeleri, Dolby Digital'in bir varyasyonu olan Dolby Digital EX'i kullanırlar. Bu format, geleneksel 5.1 'in sağ ve sol çevresel kanallarına dayanan üçüncü bir çevresel kanala sahip matris bir sistem kullanırlar. Bu matris sistemi, Dolby Digital EX'in hala bir 5.1 sistem sayılabileceği anlamına gelir. Özellikle, Dolby Digital 5.1 dekodeerler bu ses parçalarını okuyabildiğinden, aralarındaki tek fark üçüncü çevresel kanal için kodlanan seslerin geleneksel 5.1'in çevresel kanallarına adapte edilmesidir.



Bu yüzden Dolby Dijital EX bir ses parçası Dolby Dijital 5.1 bir dekodeer tarafından 5.1 düzeninde okunabilir. Fakat bunun tam tersi de doğrudur. 5.1'li bir ses parçasından 6.1 ya da 7.1 çıkış da alabilirsiniz. İki çevresel kanaldaki sesler karıştırılır ve üç

hoparlöre dağıtılır. Bu dağıtım Dolby Dijital EX bir dekode ya da THX surround EX dekode ile yapılabilir.

Bu yüzden kayıdı tanımlayan sayının, bir ses sistemindeki hoparlör sayısı ile aynı anlama gelmediğini görebilirsiniz. Hatta Dolby Pro Logic II ile stereo bir ses parçasını çok kanallı bir sistemde çalabilirsiniz.

2.1.2. Ev Sinema Sisteminde Ne Nedir?

Dolby Digital: Şu andaki surround ses kaliteli kodlama standardı olan Dolby Digital, ev içi sinemanız için sinema salonu ayarında ses performansı demektir. Ounun 5.1 kanal audio ses sıkıştırma teknolojisi sizi ses ile sarmalar. Ön sol ve sağ, merkez, arka sol ve sağ hoparlörler 20Hz-20kHz arasındaki frekansları yayarlar ve ilave alçak frekanslı ses efektleri için tahsis edilmiş bir subwoofer mevcuttur. Ekstra özellikler sadece şaşırtıcı ses izleri demek ve, Dolby Digital, THX Surround EX-Dolby Digital ile THX arasında bir ortak geliştirme ürünü ile bir adım daha ileri gitmiştir. Daha iyi bir ses mükemmelliği için daha fazla derinlik ve konumlandırma anlamına gelen, dinleyicinin arkasındaki ses izine, diğer bir audio ses kanalını daha ilave eder. DTS: DTS 5.1 kanal playback kodlama teknolojisi, sol, sağ ve merkezdeki surround ses hoparlöründen dinleyiciye gelen dinamik ses etkisi sayesinde, hızla artan bir popülerlik kazanmaktadır. Digital Ev İçi sinemasının ve Pioneer'ın herhangi bir DVD oynatıcı veya A/V yükselteç/alıcısının süper surround sesli hoparlörlerine kapınızı açınız, çünkü bunlar DTS kodlu digital veri akışlarını işleyebilir. DTS-ES(Matris 6.1): 2002 başlarında, DTS yeni bir sinema kod çözücü tanıttı; düşük seviyede veri sıkıştırması ve yüksek bir veri aktarım hızını kullanan DTS-ES. Film yapımcılarına sesli olması halinde daha da yaratıcı olmasına imkan veren, ilave bir ses kanalını ekler. Dolby HX Pro: Gitgide artan popüler Dolby Digital

biçiminin önde giden koşucusu olan Dolby Pro Logic Surround, sinema salonu benzeri bir surround ses ambiansı oluşturmak üzere 5 adet hoparlör kullanır. Dolby Surround içerisinde bulunan ses verilerinin kodunun çözülmesi ile, dört ayrı çıkış üretir: ön sol, ön sağ, merkez ve arka (2 Hoparlör)

2.2. EV EĞLENCESİ NEDİR ?

Stereo, Hifi veya Ev Sineması terimlerine yabancı değilsinizdir. Ev eğlencesi, bütün bu ekipmanın entegre olduğu ve kendi evinizde müzik, film ve tv deneyimini yaşayabildiğiniz bir sistemdir. Ev eğlencesi, bütün medya türlerini tek bir şemsiye altında toplayabilir. Bugün CD, VHS, VIDEO, TV, DVD VIDEO ve LASER DISC bu çatı altındadır. Gelecekte ise DVD AUDIO, DIGITAL TV, WEB TV ve çok gelişmiş oyun konsolları da bu çatı altında yerini alacak.

Multimedya dünyasında kesin bir kural var. O da herhangi bir Ev Eğlencesi'nin bir yüzünde 'gerçek' sesi yaşayabilmeniz için speaker'a ihtiyacınız olduğu. En iyi müzikal kayıtlarındaki sonik etkiyi dışarıya yansıtmanın ötesinde speaker'lar ev içine de entegre edilebilme özelliğine sahip.

2.2.1. Ses Deneyimi

Gerçek bir sinemaya gittiğinizde filmin sesleri sizi sarmalar. Normalde perdenin arkasında üç büyük speaker gizli olabilir.

- İki tane sağda ve solda (stereo): Arka plandaki müziğin ve efektlerin etkisini vermek için,
- Ortada bir tane: ekran boyunca yayılan konuşma ve efektleri daha temiz verebilmek için.

Bir sinema salonunun yan ve arka duvarlarında ise çok sayıda speaker, ambiansı ve ekran dışı efektleri üretir. Bu speakerlar,

sizin orada seyirci olduğunuzu unutarak ekrandaki sahnenin bir parçası olmanızı sağlar.

Evde benzer bir ses deneyimini yaşayabilmeniz için gerçek bir sinemada kullanılan ses sistemine benzer bir düzen kurmanız gerekir. Odalarınız gerçek sinema salonlarından daha küçük ve de optimal ses düzeni için daha az sayıda seyirci olduğundan, basit bir ev sinema sistemini kurmak daha kolaydır.

2.3. DTS NEDİR ?

DTS, aynı Dolby Digital 5.1 gibi 6 hoparlöre sesi ayırabilen bir ses teknolojisi sisteminin adıdır. Yeni filmler ile gündeme gelen, bass ve yüksek seslerdeki gürültünün digital kayıt ile ortadan kalkması sayesinde sinema sektöründe hemen bir yer edinen bu teknolojiyi de evinize taşımak artık çok kolay. Bunun için dikkat etmeniz gereken, alacağınız DVD Player'ın DTS output (Pionner DV525 gibi) ve Anfi'nin de DTS Decoder özelliğinin olmasıdır. Yeni yeni üreticiler, artık bu decoderları da DVD Playerların içine koymaktadır. Örneğin; Pioneer 626d modeli hem DTS hem de Dolby Digital 5.1 decoderı ile gelmektedir. Bu durumda sadece output destekli bir anfi bağlamak da yeterli olmaktadır. DTS teknolojisi için DTS Lab.'a verilen telif haklarının pahalı olmasından ötürü, DTS Anfinin ve filmlerinin fiyatı diğerlerine göre biraz daha pahalıdır.

2.4. DOLBY DIGITAL 5.1'in DTS den farkı nedir?

Aslına bakarsanız, **Dolby Digital 5.1** ile **DTS** arasında çok da fazla bir fark yoktur. İki sistem de digital kaydedilmekte ve 6 kanallı ses çıkışı kullanmaktadır. Sadece DTS bass sesleri (patlama ve yüksek sesleri) biraz daha öne çıkarmaktadır. Dolby Digital Labs ilk olarak 1970 yıllarında kurulmuş ve çalışmalarına

başlamış olduğundan, Dolby Digital kayıt halen dünyada daha yaygındır. DTS Laboratuvarları da özellikle yeni çıkacak filmlerde master sesin kendi teknolojisi ile üretilmesi için bir takım çalışmalarda bulunmakta ve kıyasıya rekabet devam etmektedir. Yine olaya DVD yönüyle bakarsak, DTS filmler biraz daha pahalıdır. Bunun nedeni olarak DTS Laboratuvarlarına ödenen lisans ücretlerinin pahalı olması gösterilmektedir.

2.5. Dolby ProLogic,Dolby Digital ve DTS

Ev Eğlencesi sistemine yatırım yapmadan önce, varolan stereo ekipmanınızı iyileştirmeniz gerekmektedir. Bundan sonraki bölümde; Dolby ProLogic, Dolby Digital (AC3) ve DTS (Digital Theatre System) ses formatları hakkında bazı ayrıntılar bulacaksınız.

Dolby Stereo: Bütün ev sineması formatlarının annesidir. Bu kodlama sistemi, iki kanal (stereo) içinde dört ses kanalını duymamızı sağlar. Dolby Stereo yazılımı, geleneksel stereo ekipmanı ile tam uyumludur. Dolby ProLogic decoder'de işlendikten sonra şu dört ses kanalı yaratılır.

- **Ön Sol:** Tam bant genişliği, tam dinamik range, stereo.
- **Merkez (Ön):** Tam bant genişliği, tam dinamik range, mono.
- **Ön Sağ:** Tam bant genişliği, tam dinamik range, stereo.
- **Surround (Arka):** Kısıtlı bant genişliği.(100-7.000 Hz), sınırlı, dinamik range, mono.

Dolby Stereo sistemi ile çekilen ilk film Star Wars idi (1976). Bugün, bu formatı kullanan film sayısının 4 bini aştığı biliniyor. Adından da anlaşılacağı gibi, Dolby Stereo sadece 2 ses kanalına ihtiyaç duyar. En önemli özelliği, bir film stereo televizyona

transmit edildiğinde yada HiFi, VHS VIDEO TEYP, LAZER DISC veya DVD'ye aktarıldığında surround özelliğinin kaybolmamasıdır. Dolby Stereo yazılımının ulaşılabilir olması, ev eğlencesi sistemindeki herhangi bir unsurun

kullanılabilmesi demektir. Bütün popüler aksiyon, komedi, dram, korku, western ve diğer bütün türler, Dolby ProLogic ile daha eğlenceli hale gelir.

2.6. EV SİNEMASINDA FORMATLAR

Gelişen müzik ve ses sistemleri size, stereo sistemlerle üretebileceğiniz sesin gerçekliğinden çok daha fazlasını vaat ediyor. Önceki yıllar iki hoparlörle odamızda ürettiğimiz stereo sesi dinliyorduk. Daha sonra gelişen ses teknolojisi stereo'nun pabucunu dama attı. Konusunda uzman olan firmalar ses teknolojisindeki bu gelişmenin sayesinde yüksek kaliteli ve daha gerçeğe yakın sesi yaratma çabasına girdi. Bunun doğal sonucu olarak da ev sineması gün geçtikçe daha da yaygınlaştı. Sinemanın evimizin salonuna girmesi ses formatlarıyla daha fazla haşır neşir olmamıza neden oldu.

Ses formatları çok kanallı ses üretir. Çok kanallı sesin amacı, film izleyicisine maksimum işitsel zevki tattırmak, izlenen filmin bir kahramanı olduğu hissini uyandırmaktır. Örneğin geçmiş yüzyılları konu alan bir filmin kılıçla yapılan bir savaş sahnesinde etrafta uçuşan kılıç çarpışmalarını ve insan naralarını ayrı ayrı duymak izlenen filmde alınacak zevki de arttırır. İşte sesin böylesine gerçekçi olarak odanızda dolaşmasına imkan veren ve efektleri gerçekleştiren ses formatlarıdır. Dilerseniz günümüzde kullanılan bu ses formatlarının en anlamlı geldiğini ve neler olduğunu kısaca açıklayalım.

2.6.1. DOLBY SURROUND

Dolby Laboratuvarlarında geliştirilen bu format, en yaygın kullanılan temel surround/çevre ses formatıdır. Basit anlamda sesi dört kanaldan vererek çevre etkisi yaratır. Sol ön, sağ ön, orta ön (merkez) ve surround kanallarından oluşur. Bas seslerin üretildiği (düşük frekans) bir subwoofer eklemek de mümkün olmaktadır. Band genişliği 100Hz-7000kHz arası olan surround kanalı monodur ve iki arka hoparlörler besleyerek aynı sesi üretir. Bu formatta ses dijital olmayıp analogtur.

2.6.2. DOLBY DİĞİTAL

Dolby Laboratuvarlarında geliştirilen bu format, en yaygın kullanılan temel surround/çevre ses formatıdır. Basit anlamda sesi dört kanaldan vererek çevre etkisi yaratır. Sol ön, sağ ön, orta ön (merkez) ve surround kanallarından oluşur. Bas seslerin üretildiği (düşük frekans) bir subwoofer eklemek de mümkün olmaktadır. Band genişliği 100Hz-7000kHz arası olan surround kanalı monodur ve iki arka hoparlörler besleyerek aynı sesi üretir. Bu formatta ses dijital olmayıp analogtur.

2.6.3. DTS

DTS'in açılımı Dijital Theater Systems'tır. Dolby Digital ses formatında olduğu gibi DTS formatında da 6 ayrı kanaldan dijital ses üretilir. DTS bazı eleştirmenlerce Dolby Digital'den sonra günümüzün en iyi alternatif sinema ses formatı olarak gösterilmektedir. Bu değerlendirme onun sahip olduğu birkaç artı yönden kaynaklanır. Dolby Digital, altı kanal ses üretimi için ses kaynağındaki stereo dijital sinyallerin bir kısmını kullanamazken, DTS daha az kayıpla bu dokunulmayan sinyalleri de okur. Dijital

formatların hepsi analog sesi sıkıştırarak dijital hale getirmenin birer yöntemidir. Daha az kayıpla maksimum sıkıştırmayı yapabilen format bir adım öne geçmektedir.

2.6.4. LUCASFİLM

Ev sineması formatları arasındaki haksızlığa en maruz kalan format THX'tir. THX yanlış değerlendirme ile dijital ses formatlarına bir alternatif olarak gösterilerek yanlış bir yere konulmuştur. Oysa THX ses formatı diğer ses formatlarından hem gerçekleştirdiği iş bakımından hem de anlayış olarak farklı bir sistemdir. Bu formatın fikir babası, Star Wars filmlerinin de yapımcısı olan George Lucas'tır. Sinema filmlerinin ses kayıtsarı geniş sinema salonlarında üretilmek üzere yapılmaktadır. Oysa ki ev sinemasında akustik yapısı, sinema salonlarından çok farklıdır. THX, ses üretimi veya kanal sayısı ile ilgili olmayıp evlerimizin akustik yapısına adaptasyon için geliştirilmiş, ses verisinin yeniden denglenmesi esasına dayalı bir formattır. Tüm analog ve digital formatlarla çalışabilir ve ses kalitesini artırır. Çok pahalı bir sistem olduğu için sadece belli başlı markaların en üst modellerinde bulunmaktadır.

2.7. SİSTEMİN BEYNİ

Ev Sineması Sistemi'nizden en iyi sonuçları alabilmek için gerekli temel eleman A / V Receiver'dır. Bu cihaz sisteminizin "kalbi ve beyni" olarak, alacağınız zevk ve heyecanı da tayin edecek ana parçadır. Ancak ihtiyacınız sadece güçlü ve yeni teknolojiyle tasarlanmış bir cihaz değildir. A / V Receiver'ınız aynı zamanda mantıklı bir mühendislik tasarımı olmalıdır. Onkyo cihazları bu mantıkla tasarlanmış, gereksiz "oyuncak detaylar" kullanılmamış, ancak sizlerin kullanımını kolaylaştıracak her türlü düzen de asla ihmal edilmemiştir.

2.7.1. ÖN HOPARLÖRLER

Bir ev sineması sisteminde ön hoparlörden beklenen, hem film izlerken hem de stereo müzik dinlerken yüksek performans vermesidir. Definitive Technology Bipolar Tower Serisi hoparlörleri ve Dali yer hoparlörleri değişik zevkler için bu beklentiyi en yüksek düzeyde size sağlayacaktır. Ön hoparlörler görüntü kaynağının her iki yanında yer almalıdır.

2.7.2. ARKA HOPARLÖRLER

Surround sistemi sesin filmi izleyeni sarması anlamına gelir. Arkada yer alan hoparlörler Dolby Pro-Logic, Dolby Digital ve DTS keyfini yaşatarak bu ambiansı size sunar. Arka hoparlörler izleyicinin iki yanına veya arkaya yerleştirilebilir.

2.7.3. ORTA HOPARLÖRLER

Definitive Technology ve Dali orta hoparlörleri, geniş frekans cevapları ve genişletilmiş ses dinamikleri sayesinde filmdeki diyalogları fısıltı seviyesinde bile net olarak duymanızı sağlar. Orta hoparlör izleyiciye görüntünün geldiği yönde merkezde üstte veya altta konuşlandırılmalıdır.

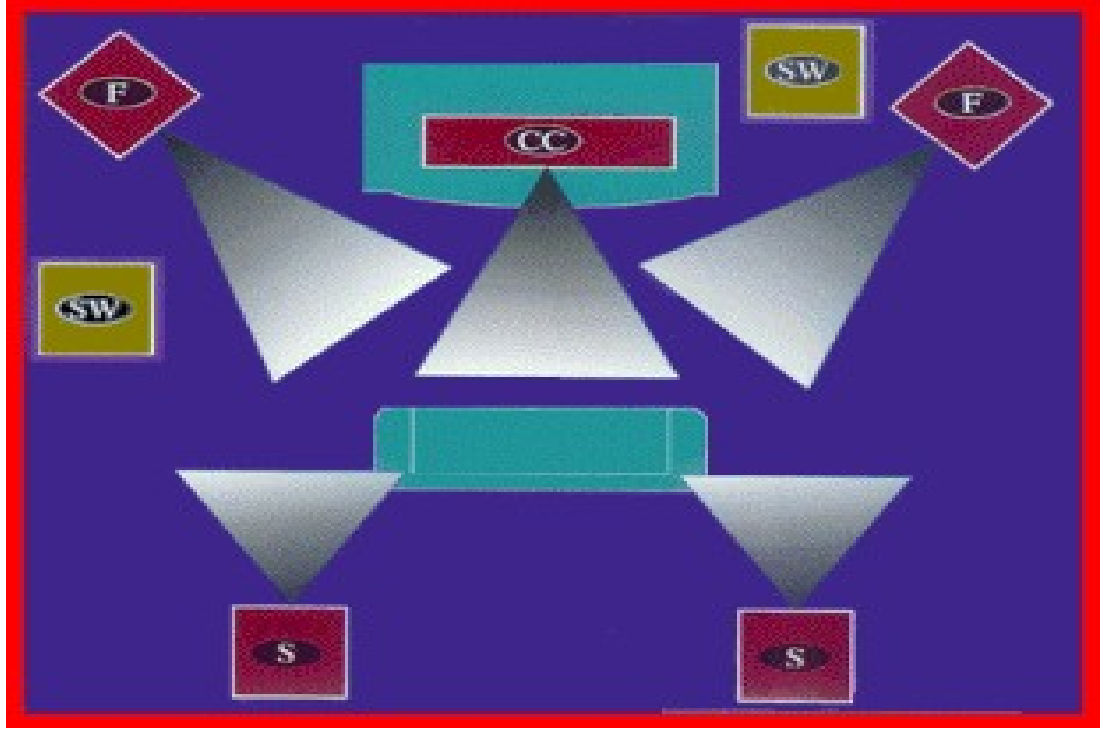
2.7.4. SUBWOOFER

Subwoofer'lar, ses sisteminizdeki insanı titreten derin basları üretmekle görevli olan en geniş hoparlörlerdir. Definitive Technology ve Dali'nin subwoofer'ları hissedilir, duyulmaz.

Ev sineması sistemi kurulmuş örnek bir oda tasarımı.



Ev Sineması Cihazları yerleşim planı



F : Ana (Stereo) hoparlörler.

S : Çevreleme (surround) hoparlörleri. Efektler için kullanılırlar

CC : Merkez (center) hoparlörü. Konuşmalar (dialog) için kullanılır.

SW : Derin bas hoparlörleri. Güçlü, etkin bir bas ses elde etmek için kullanılırlar

BÖLÜM - 3

AMPLİFİKATÖRLER

3.1. Giriş

Bu bölümde geri beslemenin ne olduğunu ve amplifikatörlerdeki etkisi üzerinde durulacaktır. Herhangi bir amplifikatörün dört uçlu bir devre olarak kabul edebiliriz. Dört uçlunun giriş ve çıkışında iki değişkenin (akım ve gerilim) var olduğunu göz önüne alacak olursak , dört değişik durum söz konusu olur. Yani, transfer fonksiyonu çıkış büyüklüğünün giriş büyüklüğüne oranı şeklinde olduğu için bu oran yan iki gerilim oranı , ya iki akımın oranı, ya akım/gerilim, ya da gerilim/akım şeklindedir. Transfer fonksiyonunun durumuna bağlı olarak amplifikatörler sırasıyla; Gerilim (A_v), Akım (A_i), İletkenlik Dönüştürücü (G_M) ve Direnç Dönüştürücü (R_M) amplifikatör olmak üzere dört sınıfa ayrılır.

Amplifikatörlerin özelliklerine bağlı olarak geribesleme de dört çeşittir.

Bunlar:

- a) Gerilim amplifikatörü için, gerilim-seri geribeslemesi,
- b) Akım amplifikatörü için, akım-paralel geribeslemesi,
- c) İletkenlik dönüştürücü amplifikatörü için, akım-seri geribeslemesi,
- d) Direnç dönüştürücü amplifikatörü için, gerilim-paralel geribeslemesi, şeklinde gruplandırılabilir.

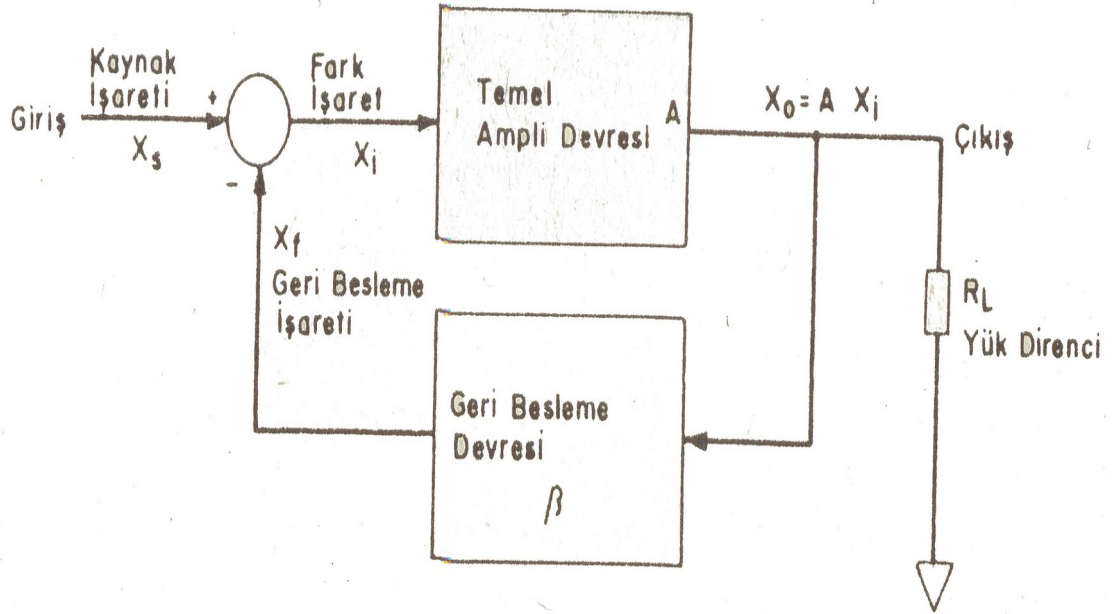
3.1.1. Geribeslemeli Devrenin Transfer Fonksiyonu

Genel olarak bir geribeslemeli amplifikatörün blok diyagramı Şekil 1.1'deki gibi gösterebiliriz.

Temel ampli (ampli = amplifikatör) devresi; gerilim, akım, iletkenlik dönüştürücü veya direnç dönüştürücü amplilerden biri olabilir. Dolayısıyla geribesleme tipi de ampli tipine bağlı olarak

yukarıda belirttiğimiz dört çeşitten biri olabilir. Aşağıdaki kısımlarda geribesleme çeşitleri ve bunların birbirlerine göre üstünlükleri anlatılacaktır.

Şekil 1.1



Şekil : 1.1

Şekil 1.1'deki devrede A büyüklüğü temel amplitinin transfer kazancı olup A_v , G_M , A_I ve R_M 'den biridir. X_s giriş, X_o çıkış ve X_d fark işaretleridir. Bunlar da gerilim veya akım olabilir. β , geribesleme amplisinin kazancı olup X_o ile X_f arasındaki birim uygunluğu sağlayacak birime sahiptir. Bu büyüklüklerin dört değişik durumdaki birimleri aşağıdaki tabloda özetlenmiştir.

Fark veya hata işareti,

$$X_d = X_s - X_f = X_i \text{ dir.}$$

Geribesleme faktörü (β) ise,

$$\beta = X_f / X_o$$

olup, genel olarak frekansa bağılı kompleks bir büyüklüktür. Temel amplifi kazanç (Geribeslemesiz kazanç),

$$A = X_o / X_i$$

ve geribeslemeli kazanç,

$$A_f = X_o / X_s = A / (1 + \beta A)$$

şeklinde ifade edilir. Eğer $|A_f| < |A|$ ise geribesleme negatif ve $|A_f| > |A|$ ise geribesleme pozitifdir. Bu bölümdeki geribeslemeli devrelerde temel amaç kararlılık olduğundan, yalnız negatif geribeslemeli devreler göz önüne alınacak ve bunların özellikleri incelenecektir.

Tablo 1

İşaret veya Kazanç	Geri Besleme Tipi			
	Gerilim - Seri	Akım - Paralel	Akım - Seri	Gerilim - Paralel
X_o	Gerilim	Akım	Akım	Gerilim
X_s, X_f, X_d	Gerilim	Akım	Gerilim	Akım
A	A_v	A_i	G_m	R_H
β	V_f / V_o	I_f / I_o	V_f / I_o	I_f / V_o

Geribeslemeli devrelerde - $A\beta$ 'ya çevrim kazancı denir. Kazanç çoğu zaman normalize edilmiş olarak ve dB cinsinden ifade edilir.

$$N \text{ dB} = 20 \log A_f / A = 20 \log |1 / (1 + \beta A)|$$

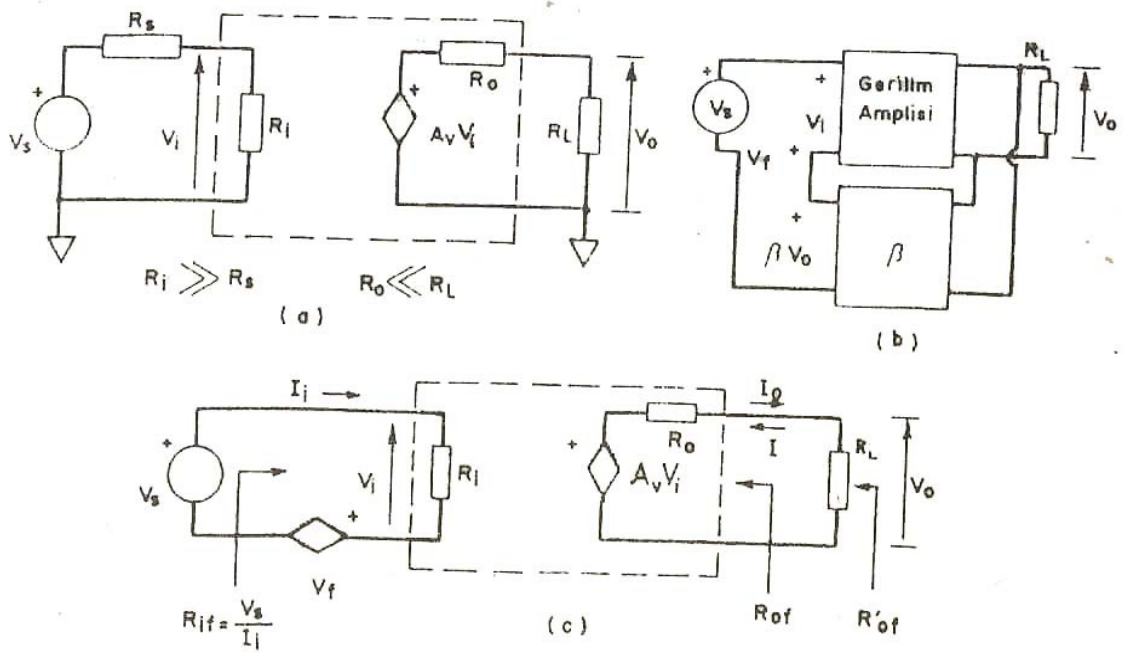
Eğer negatif geribesleme söz konusu ise N negatif olur.

3.1.2. Gerilim-Seri Geribeslemesi

Bu geribesleme çeşidi gerilim amplisi için söz konusudur. Şekil-1.2a'da gerilim amplisinin eşdeğer devresi, b'de gerilim amplisine uygulanması gereken gerilim-seri geribesleme blok diyagramı ve c'de geribeslemeli devrenin eşdeğeri gösterilmiştir.

Gerilim amplisinin R_i giriş direnci R_s kaynak direncinden çok büyük olduğundan $V_i \approx V_s$ 'tir. R_o çıkış direnci de R_L yük direncinden çok küçüktür. Bundan dolayı $V_o = (A_v V_i) \approx (A_v V_s)$ olur. Yani, gerilim amplisinde çıkış gerilimi, giriş geriklimi ile orantılı olmakla beraber, genliği kaynak ve yük direncinden bağımsızdır. Burada;

Şekil 1.2



Şekil : 1. 2

Gerilim amplisinde giriş direnci çok büyük olup, geri besleme uygulaması sonucunda $(1 + \beta A_v)$ kadar artmaktadır. Giriş direncinin artması, girişe seri şekilde yani gerilim olarak gelen diğer geribesleme türü içinde sözkonusudur. Geribeslemeli devrenin giriş direnci,

$$R_{if} = V_s / I_i$$

devreden (R_s direnci R_i 'nin içinde olduğu düşünülürse),

$$V_s = I_i R_i + V_f = I_i R_i + \beta V_o$$

$$A_v = V_o / V_i = A_v R_L / (R_o + R_L)$$

$$V_o = A_v V_i R_L / (R_o + R_L) = A_v V_i = A_v R_i I_i$$

elde edilir. İlgili değerler yerine konursa,

$$R_{if} = V_s / I_i = R_i (1 + \beta A_v)$$

olur. Burada A_v geribeslemesiz halde ve R_L yük direnci devrede iken bulunan

(V_o / V_i) gerilim kazancı olup A_v ise açık devre gerilim kazancıdır. Çıkış direnci hesaplanırken R_l yük direnci açık devre edilip bir V bağımsız gerilim kaynağı uygulanır. Devredeki diğer bağımsız kaynaklar devre dışı edilerek $R_{of} = V / I$ oranı bulunur. V kaynağının akıtacağı I akımı

$$I = (V - A_v V_i) / R_o = (V + \beta A_v V) / R_o$$

olur.

$V_s = 0$ olduğundan $V_i = -V_f = -\beta V$ dir. Buradan

$$R_{of} = V / I = R_o / (1 + \beta A_v) \text{ elde edilir.}$$

Giriş direnci geribesleme sayesinde artarken çıkış direnci azalmaktadır. Yani temel ampli ideale yaklaşmaktadır. Geribeslemedeki tek kaybımız kazancın azalmasıdır. Çoğu zaman yük direncinden önceki yük direnci R_{of} hesaplanır. Bulunan eşitlikte yük direnci yerine sonsuz konulup limit alınarak yük direncinden sonraki çıkış direnci bulunur. Uygulamada karşımıza transistör veya fetli ematör takipçi devrelerde bu tip bilgileri besleme çıkmaktadır.

Geribesleme yokken yani $R_e = 0$ iken geri direnci $R_i = R_s + H_{ie}$ dir.

Ematör takipçisinin çıkış direncini bulmak için ematör direncinden önceki direncini bulup R_e için limit almak gerekir.

3.1.3. Geribeslemeli Amplifikatörün Analiz Metodu

Yukarıdaki geribesleme devrelerini incelerken genel devre denklemlerinden yararlanarak transfer fonksiyonları elde edilmiştir. Bulunan bu genel ifadeler,

$$A_f = A / (1 + \beta A)$$

Şeklinde yazılarak geribeslemesiz halde A kazancı ile β geribesleme faktörü bulunur. Tek katlı ve basit devreler için bu çözüm yolu uygun olmakla beraber birden fazla kat için aşağıda açıklanacak olan genel kuralları uygulama kolaylık sağlar.

Ampli yapımında gerekli olan elektronik devre elemanları belli olduğundan giriş katına uygulanan geribesleme işaretlerinin yerleride bellidir. Bunlar ;

Seri büyüklük olan gerilim işareti

- 1- ilk kattaki transistörün baz-emiter çevresinde seri
- 2- ilk kattaki fet in kapı-emetör çevresine seri
- 3- diferansiyel amplitinin iki giriinin oluşturduğu çevreye seri olarak uygulanır

Paralel büyüklük olan akım işareti

- 1- ilk kattaki transistör ün bazına
- 2- ilk kattaki fet in kapısına
- 3- diferansiyel amplitinin evirici ucuna uygulanır.

Çıkıştan alınan geribesleme numunesinin yeri yukarıda yapılan sınıflama gibi açık ve belirli değildir. Numune işaretinin yerinden ziyade çeşidi önemlidir.aşağıda açıklanan test ile numunenin ne çeşit olduğunu anlayabiliriz.

- 1- $V_o=0$ ($R_l=0$) olduğunda $X_f=0$ oluyorsa gerilim
- 2- $I_o= 0$ ($R_l= \infty$) olduğundan $X_f =0$ oluyorsa akım

Numunesi olduğu anlaşılır.

Bir bütün olarak karşımıza çıkan geribeslemeli ampliden temel ampli (A) ve geribesleme devresini ayırabilirsek geribesleme devreleri için kullanılan genel ifadelerden yararlanmak mümkün olur. Temel ampliyi bulurken β geribesleme devresinin oluşturduğu etkiyi göz önüne almak ve temel amplinin giriş ve çıkışındaki bileşenleri bulmak için aşağıdaki kuralları uygulamak gerekir.

Giriş devresindeki bileşenler için

1. gerilim numunesi için $V_o=0$
2. akım numunesi için $I_o=0$ yapılmalı

Çıkış devresindeki bileşenler için

- 1- seri geribesleme işareti için giriş çevresi açık devre yapılır.
- 2- Paralel geribesleme işareti için $V_i=0$ yapılır.

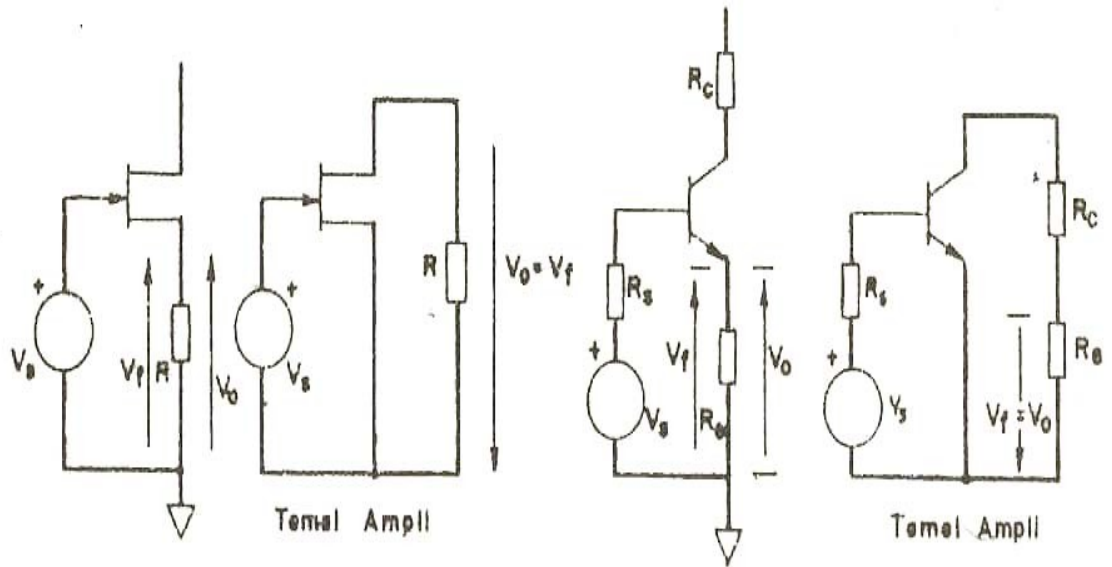
Böylece , geribesleme ortadan kalkmış ve geribesleme devresini temel ampliye etki eden giriş ve çıkıştaki bileşenleri bulunmuş olur. Bu tip bir uygulamadan elde edilecek sonuçlarda , ihmal edilecek kadar küçük hataların var olduğunu hatırlatmakta fayda vardır. Bunun nedeni;

Sistemi ideal olarak kabul etmemizdenidir. Yani , işaretin A temel amplisi ile ve geribeslemenın de β devresiyle tek yönde taşındığını kabul ediyoruz. Halbuki pratikte β devresi pasif bir devre olduğundan tek yönlü bir devre değildir.

Gerilim- seri geribeslemesi için verdiğimiz örneklerde mesela; giriş transistorünün ba akımı aynı zamanda emetör direnci üzerinden aktığında V_f geribeslem gerilimi yalnız çıkış geriliminin fonksiyonu olmayıp giriş akımının da fonksiyonu olur.

Eğer yukarıdaki kurallar emetör takipçisine uygulanırsa $(1+H_{fe})$ terimi , (H_{fe}) olarak elde edilirki , çok küçük bir hata olduğu anlaşılır. Şekil 1.4'de emetör takipçisinin temel ampli devreleri gösterilmiştir.

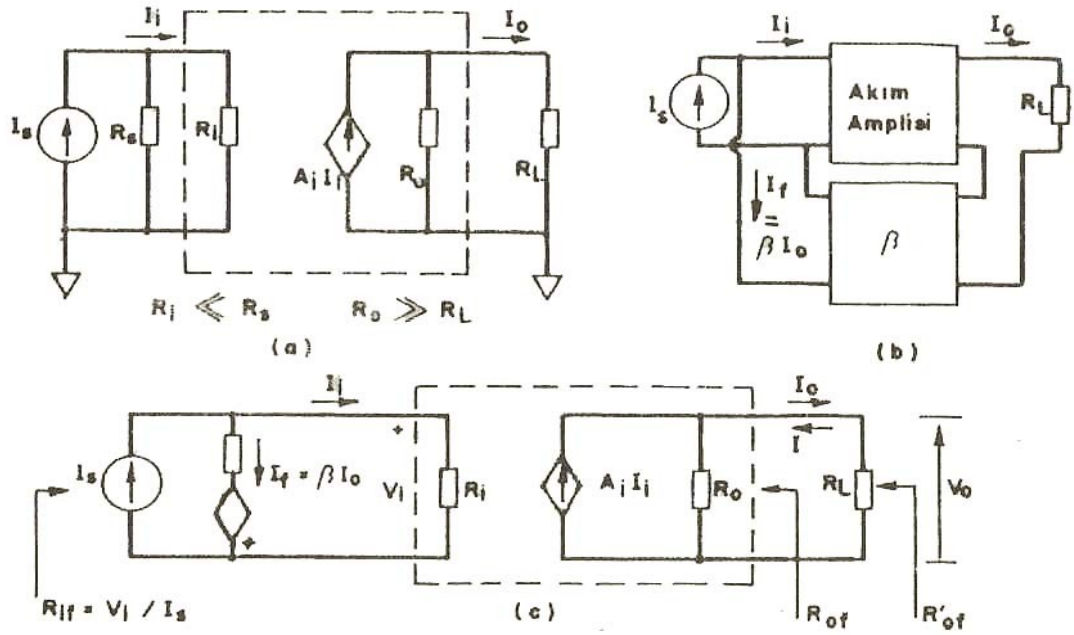
Şekil 1-4



Şekil : 1.4

3.1.4. Akım paralel geribeslemesi

Bu tip geribeslemelerde akım amplisi için söz konusudur. Şekil - 1.5'te gösterilmiş olan akım amplisinin eşdeğer devresinden görüleceği üzere , giriş direnci kaynak direncine göre küçük ve çıkış direnci yük direncine göre oldukça büyüktür.



Şekil : 1.5

Şekil 1.5

Bundan dolayı giriş akımı (I_i) ile orantılı olan çıkış akımı (I_o) , R_L yük direncinden R_s kaynak direncinden bağımsızdır. İdeal durumda giriş direnci sıfır ve çıkış direncinin sonsuz olması gerekir. Pratikte ise giriş direnci çok küçük ve çıkış direnci çok büyüktür.

Burada , $R_L=0$ için $A_i = I_o / I_i$ olup kısa devre akım kazancı adını alır.

Burada A_i geribeslemesiz durumda ki akım kazancını gösterir.

Çıkış direncini bulmak için R_L direncini kaldırıp yerine bir V gerilim kaynağı bağlamak gerekir. V kaynağının akıtacağı I akımı ,

$$I = V/R_o - A_i I_i \text{ dir.}$$

I_s in devre dışı edilmesiyle $I_s = 0$, $I_i = -I_f = -\beta I_o = \beta I$ olur.

Buradan ,

$$I = V/R_o - \beta A_i I \text{ veya } I(1 + \beta A_i) = V/R_o$$

$$R_{of} = V/I = R_o(1 + \beta A_i) \text{ elde edilir.}$$

Görüleceği üzere geribeslenmenin uygulanması ile akım amplisinin akım kazancı $A_{if} = A_i/(1 + \beta A_i)$ şeklinde azalırken giriş direnci kuculmakta çıkış direnci buyumektedir. Böylece akım amplisi geribesleme sayesinde ideale yaklalmaktadır.

3.1.5. Akım Geribeslemesi

Bu geribesleme tipi , eşdeğer devresi şekil - 1.6 da gösterilmiş olan iletkenlik dönüştürücü amplisi için söz konusudur. Çıkış akımı , giriş gerilimi ile orantılı olup , R_s kaynak ve R_l yük dirençlerinden bağımsızdır. İdeal durumda amplinin giriş ve çıkış dirençleri sonsuz büyüktür.

Gerilim-seri geribesleme devresindeki giriş direncinin hesabında olduğu gibi buradada

$$R_{if} = R_i(1 + \beta G_m)$$

İfadesi elde edilir. Eşitlikteki G_m temel amplinin iletkenlik dönüşü kazancı olup geribesleme devresinin yükleme etkisinde içerir. Devreden,

$$V_o = R_o R_l G_m V_i / (R_o + R_l)$$

$$I_o = V_o / R_l = G_m R_o V_i / (R_o + R_l)$$

3.1.6. Geribeslemenin amplideki etkileri

Geribesleme sayesinde kazanc $D = 1 + \beta A$ kadar zayıflamasına rağmen geribeslemede söz konusu olan ampliler ideal duruma yaklaşmaktadır. Bu genel açıklama dışındaki diğer geribesleme etkileride aşağıda açıklanacaktır.

Amplikasyon duyarlılığı

Amplikasyon veya kazanc devreyi oluşturan elemanların özellik ve davranışlarına bağlıdır. Sıcaklık eleman değişimi gibi etkilerle kazanc ta değişebilir. Bu değişimi göstermek gayasıyla daha önce bulmuş olduğumuz geribeslemeli ve geribeslemesiz kazançlar arasındaki bağlantıdan faydalanarak amplikasyon duyarlılığı yüzde olarak ifade edilebilir. Buradan $|1 + \beta A| > 1$ olduğundan $|dA/A| > |dA_f/A_f|$ olması gerekir. Bunun anlamı ; çeşitli etkilerden dolayı oluşacak olan kazanc değişim yüzdesi geribesleme sayesinde daha küçük olmaktadır. Bunun sonucunda da kazanc sabit olacak ve kararlılık artacaktır.

Mesela ; $1 + \beta A = 10$ ise $dA/A = 1/10$ ise $dA_f/A_f = 1/20$ olmaktadır. Yani , dış değişimlere karşı daha az duyarlı olacaktır. $|\beta A| \gg 1$ ise geribeslemeli devrenin kazancı yalnız geribesleme devresine bağlı olur. Yani ;

$$A_{vf} \cong 1/\beta$$

3.2. GERİBESLEMELİ AMPLİLERİN FREKANS CEVABI VE KARARLILIĞI

Amplinin frekans cevabının söz konusu olabilmesi için , kazanc ifadesinde devredeki reaktif elemanlara ait bileşenlerin bulunması gerekir. Reaktif elemanlar kapasite ve self olduğundan empedansları sL ve $1/sc$ (veya $j\omega L$ ve $1/j\omega C$) şeklindedir. Kazanc fonksiyonundaki sıfır ve kutup sayısı reaktif elemanların sayısı ve devredeki durumuna bağlıdır.

Kolayca ispat edilebilirki tek ve çift kutuplu transfer fonksiyonuna sahip geribeslemeli bir ampli kararlıdır. Kutup sayısı ikeden fazla olursa kararsız olabileceğinden (fazla geribeslem uygulanırsa) osilasyona girebilir. Geribeslemeli bir amplinin transfer kazancı ,

$$A_f = A / (1 + \beta A)$$

Olup $|\beta A| \gg 1$ olduğunu göz önüne alacak olursak ,

$$A_f \cong 1 / \beta$$

dır. Görüldüğü gibi kazanc yalnız geribesleme faktörüne bağlıdır. Geribesleme devresi yalnız dirençlerde olursa , β frekanstan bağımsız olur. Böyle olmasına rağmen A kazancı frekansa bağlı olduğu surece $|\beta A|$ nın değeri frekans değıştikçe değisecek ve bazı aralıklarda 1 den çok büyük olmaıacaktır. Bundan dolayı A nın nasıl değıştiğini ve bu değışimin hangi yöntemlerle incelendiğini ayrı ayrı araştırmakta fayda vardır.

3.2.1. Geribeslemeli amplilerin frekans cevabı

3.2.1.1. Tek kutuplu transfer fonksiyonu

Transfer fonksiyonunda tek kutbun bulunması hem alçak frekanslarda hemde yüksek frekanslarda söz konusudur. Burada A_o orta frekanstaki kazancın F_h üst kesim frekansı ve F_l alt kesim frekansı gösteriyor. Yüksek frekansdaki kazancı geribeslem ile nasıl değıştiğini görebilmek için A_h ifadesini A_f de yerine koyalım.

Burada $A_{of} = A_o / (1 + \beta A_o)$, $F_{hf} = (1 + \beta A_o) F_h$ dır.

A_{of} orta frekansta geribeslemeli haldeki kazanc F_{hf} ise yeni üst kesin frekansı gösteriyor. Görüleceüi üzere kazanc genlığı $(1 + \beta A_o)$ kadar artmaktadır. Dolayısıyla kazanc ile frekansın çarpımı sabit kalmaktadır.

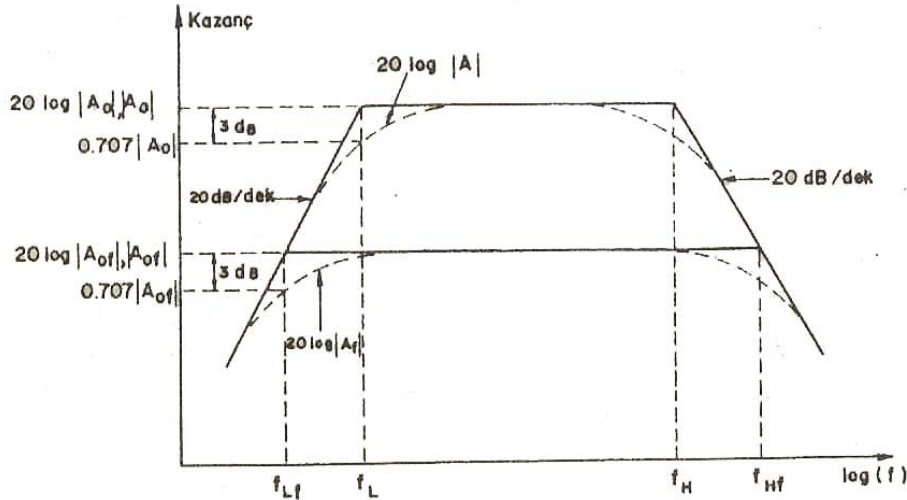
Burada ; $A_{of} = A_o / (1 + \beta A_o)$ ve $F_{lf} = F_l / (1 + \beta A_o)$ dır.

Göröldüğü gibi geribesleme uygulandıktan sonra alt kesim frekans kuculmekte ve ust kesim frekans artmaktadır. Yanı band genişliği artmaktadır. Buna karşılık kazanc aynı oranda azalmaktadır. ODYO ve VIDEO amplilerinde $F_h \gg F_l$ olduğundan band genişliği

$F_h - F_l \approx F_h$ olarak düşünölebilir.

Bundan dolayı band genişliğinin $(1 + \beta A_o)$ kadar arttığını söyleyebiliriz.

Şekil.2.1



Şekil : 2.1

Bu değışimlerle ilgili grafikler şekil 2.1 de gösterilmiştir.

Bu gösteriliş şekli BODE DIAGRAMI olup tek kutuplu transfer fonksiyonunun köşe frekanslarından sonraki zayıflama eğimi $Db / dekad$ (veya $6 Db / oktav$ dır).

Sonuc olarak ; tek kutuplu bir ampliye geribesleme uygulandığında kazancı azalıp band genişliği artmakta olup, kararlı bir şekilde çalışmaktadır.

3.2.2.

Çok

kutuplu amplilerin yaklaşık analizi

Üçden fazla kutuplu bir transfer fonksiyonu çözümü oldukça zordur. Böyle bir sistemin analizi ancak bilgisayar yardımıyla yapılabilir. bunun dışında geribeslemenin kutuplar üzerindeki etkisi göz önüne alınarak bazı yaklaşımlar yapılabilir.

Önceki kısımda üç kutuplu transfer fonksiyonu üzerinde yaptığımız incelenmelere dikkat edecek olursak , geribeslemeden sonra kutupların bazıları birbirine uzaklaşmaktadır. Bilahassa kompleks olacak kutuplar S_1 ve S_2 birbirine yaklaşılmaktadır. Reel olarak kalan S_3 kutubu ise S_2 den uzaklaşmaktadır. Eğer S_2 ve S_3 kutupları birbirinden iki oktav farklı ise ($S_3 / S_2 \geq 4$) geribesleme uygulandıktan sonra bu iki kutup birbirinden dahada uzaklaşacağından $Sf_3 / Sf_2 > 4$ olacaktır. Dolayısıyla S_3 ü ihmal ederek S_1 ve S_2 ile yaklaşık bir transfer fonksiyonu elde edebiliriz. Açık çevrim kutupları birbirinden oldukça uzakta bulunması durumunda yukarıdaki teoriyi kullanabiliriz. Bu teoriyi önce iki kutupluya ve bunun sonuçlarında çok kutupluya uygulayarak etkin kutuplar bulmaya çalışacağız.

3.2.3.

Gerib

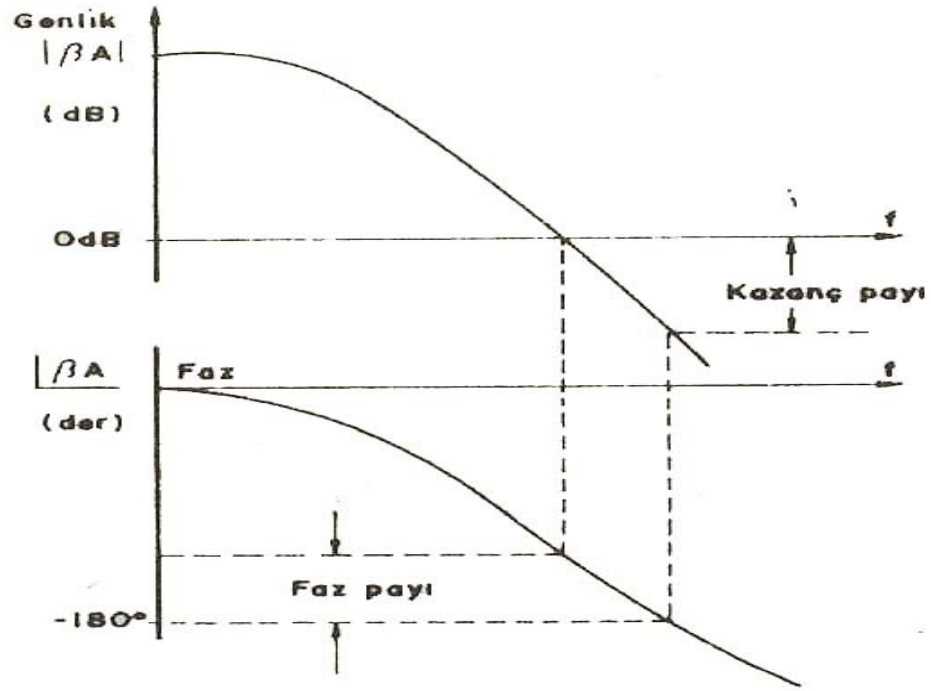
eslemeli amplilerin kararlılığı

Daha öncede belirttiğimiz gibi amplilerdeki geribesleme daima negatif geribeslemedir. Yani $(1+\beta A) > 0$ dir. Seyrek olmakla beraber bazen pozitif geribeslemede kullanılır. Bu halde $(1+\beta A) < 0$ olduğundan geribeslemeli kazanç

1

$(|A_f| = |A/(1+\beta A)| > 1$ daha büyük olmaktadır. Pozitif geribeslemede βA çevrim kazancı -1 değerine sahip olunca A_f in genliği sonsuz olur. Pratikte sonsuz büyük diye bir değer olmadığından bunun pratikteki anlamı sistemin osilasyon yapmasıdır. İşaret uretecilerinde böyle bir durum söz konusudur. Amplilerde ise osilasyon arzu edilmeyen bir çalışmadır. Bundan dolayı geribeslemenin daima negatif olması istenir. βA çevrim kazancı frekansas bağlı olarak değiştiğinden kompleks bir büyüklüktür. Belirli frekans aralığında negatif olan geri besleme , frekans aralığı değiştikçe pozitif geribesleme şekline dönüşebilir. Bundan dolayı transfer kutuplarının S düzlemindeki değişimine bakmak gerekir. Sistemin kararlı olması için kutupları hepsi S düzleminin sol yarısında bulunması gerekir. Kararlılık için $(1+\beta A)$ Anın sıfırları sol yarı S düzleminde olması gerekir. Burada söz konusu olan kararlılık koklerin yer eğrileriyle incelenerek kutupların S düzlemindeki değişimi ve devrenin osilasyona girme sınırlarının belirlenmesidir.

βA nın genlik ve fazının değişimi ,incelenerekde sistemin kararlılığı hakkında fikir edinilebilir. βA nın faz açısı 180 derece olması halinde sistemin osilasyona girmemesi için genliğinin birden farklı olması gerekir. Benzer şekilde; βA genliği bir olduğunda sistemin osilasyona girmemesi için faz açısı 180 dereceden farklı olmalıdır. Şekil -2.6 da çevrim kazancının ve fazının yüksek frekanslardaki değişimi gösterilmiştir.



Şekil : 2.6

Şekil 2.6

Çevrim kazancının 1(veya 0 Db) olduğu andaki faz açısı ile -180 derece arasındaki fark FAZ PAYI ve fazın -180 derece olduğu andaki genlik ile 0 Db arasındaki farkada GENLİK PAYI adı verilir. Burada k_A kazancı ampli tipine bağlı olarak A_v , A_i , G_m veya R_m den biri olabilir. Kazanc ve fazın böyle gösterilmesine BODE DİYAGRAMI adı verilir.

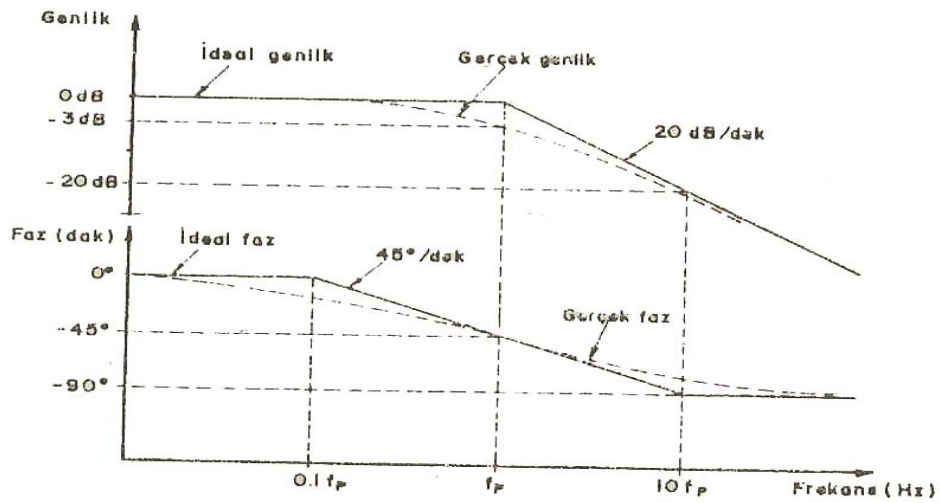
3.2.4. BODE DİYAGRAMI

Transfer fonksiyonlarının kararlılıklarını frekans düzleminde incelemek amacıyla bode diyagramından faydalanılır. Devrenin kararsızlığı özellikle yüksek frekanslar bölgesinde söz konusu olmaktadır. Bode diyagramlarından genlik ve faz paylarını belirleyerek kararlılık hakkında yorum yapabilmek için genlik ve fazın aynı eksen takımı üzerine çizilmesi uygun olur.

Burada A_o orta frekanslardaki kazancı gösterir. Yarı logaritmik kâğıt üzerinde genlik ve fazın değişimi çizilebilir.

$20 \log |A| / |A_0|$ ile $\log (F/F_p)$ arasındaki değişim aşağıdaki şekil 2.7 de gösterilmiştir.

İdeal olarak $F = F_p$ den küçük frekanslardaki kazanç A_0 da eşit ve $F > F_p$ aralığında ise frekansın her 10 katında kazanç 20 Db azalacak şekilde bir değişim olur. Bundan dolayı eğim -20Db / dekad ($F/F_p = 10$) veya -6 Db/oktav ($F/F_p = 2$) dır. Şekil 2.7



Şekil 2.7

Gerçek genlik etkisi de bu asimtotlara teğet olacak şekildedir. $F = F_p$ deki genlik seviyesi -3 Db dir.

Faz açısı ise $\theta = -\arctan(f/f_p)$ dir. Faz açısı 3 asimtota teğettir.

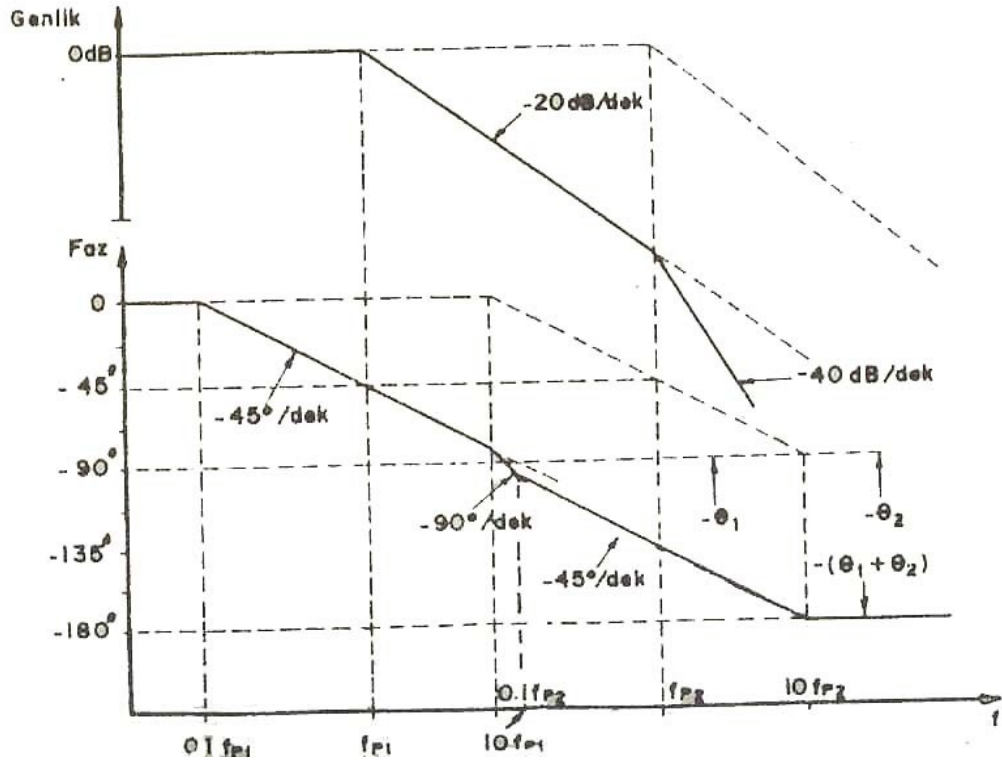
$0 \leq f \leq 0.1 f_p$ arasında $\theta \approx 0$ derece ye teğet olup $0.1 f_p < f < 10 f_p$ arasında ise -45 derece / dekadlık bir eğimle ve $f > 10 f_p$ için -90 derece seviyesinde ve yataya paraleldir.

Gerçek faz eğrisi bu asimtotlara paralel ve şekilde gösterildiği gibi olacaktır.

Şekil 2-8 de iki kutuplu transfer fonksiyonunun genlik ve fazının değişimi yarı logaritmik kağıt üzerine çizilmiştir. Genlik , f_{p1} ile f_{p2} arasında -6 db/oktavlık eğimle zayıflarken f_{p2} den sonra -12db/oktavlık bir eğimle zayıflamaktadır.

Faz açısı ise θ ve θ_2 nın toplamına eşittir. Her bir kutuba ait faz açısı kutupta -45° derece den geçer. Diğer frekanslarda ise $-45^\circ/\text{dek}$ eğimle değişir. Buradaki sınırlar gerçek eğrilere ait asimtotlardır. Gerçek eğriler yukarıdaki eşitliklerin değişik frekanslar için alacağı değerlerden elde edilir.

Şekil 2.8



3.3. GÜÇ AMPLİFİKATÖRLERİ

Güç amplisi çıkış katlarındaki hoparlör motor ve katod ışınli tüp gibi dönüştürücüleri sürmek için gerekli olan gücü sağlayan amplidir. Güç amplilerinde fazla güç elde etmek söz konusu olduğu halde uygulamaya bağlı olarak bazen büyük akım bazen büyük akım bazende büyük gerilim gereklidir. Bundan dolayı buradaki işaretler büyük genliklidir. Çıkış katından önce bir veya

daha fazla ampli katı vardır. Buradaki işaret genlikleri oldukça küçük olduğundan buradaki çalışma küçük işaretli A-sınıfı çalışmadır. Bu katlar giris ve ara ampli katları olup bunların görevleri küçük genlikli işaretleri kuvvetlendirerek çıkış katını surebilmektedir.

Çıkış katlarından fazla güç çekildiğinden bu katlarda asıl şartlar önemlidir. Ayrıca büyük genlikli çalışam durumu söz konusu olduğundan genlik ve harmonik distorsiyonu olusturur.

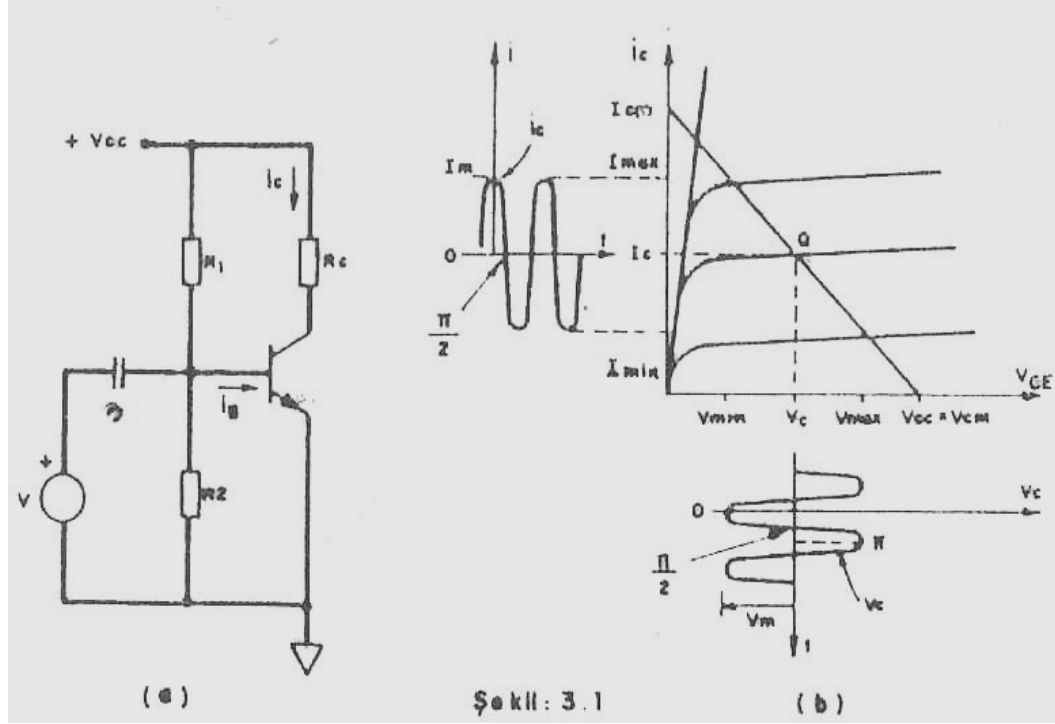
Güç Amplifikatörü :

Daha önce belirttiğimiz gibi güç amplisi mikrofon gibi transdüserlerden başlayarak devam eden amplifikatör zincirinin son katıdır. Bu katın radyo alıcılarındaki frekans aralığı 20hz - 20khz iken radyo vericilerinde ise istasyon frekansına bağlı olarak mhz ler mertebesinde dir. Analog bilgisayar ve servo sistemlerde 0 hz frekansına kadar düşülür. Ampli zincirinin düzenlenmesinde hesaplamaya çıkış katından başlanır. Bu hesaplamayı yaparken çıkış katının sürecegi sistemin çekeceği gücü bilmek gerekir. Kullanılacak devre elemanları bu guce uygun olacak şekilde seçilmelidir.

Transistör maksimum güç ile çalışması halinde olusacak olan distorsiyona da dikkat etmek gerekir. Bundan dolayı transistorün maksimum güç eğrisi ve diğer sınır değerleri göz önünde bulundurulur. Maksimum güçten bağımsız olarak çıkış katının maksimum verimi A-sınıfı için %25 ve Bsınıfı için %78.5 tir. Güç amplisinin çıkış gucunu hesaplamak gayesiyle şekil-3.1 deki devreyi göz önüne alalım. Bu devre basit bir amplifikatör devresi olup yük direnci R_L dir. Transistörün çalışma noktasındaki büyüklükler V_c , I_c , V_{be} , I_b dir. Küçük indisli V_c , I_c , I_b , V_{be} büyüklükleride sinüzoidal işaretinin efektif degerlerini gösteriyor.

Bir voltmetre ile V_c kolektör gerilimini ölçebiliriz. R_l yük direnci belli ise çıkış gücü hesaplanabilir.

Şekil.3.1



Buradaki çıkış gücü transistörün ideal bir eleman olduğu kabulü ile hesaplanmıştır. Gerçekte çok küçük değişimler için dahi giriş ve çıkış işaretleri arasında bir farklılık vardır. Büyük genlikler için bu farklılık daha fazla olmaktadır. Böyle bir distorsiyon transistörün giriş ve çıkışındaki karakteristiklerin lineer olmamasından ileri gelir. Gerçekte kolektör akımı ile baz akımı arasındaki eğride lineer değişimli bir doğru değildir.

Genlik bozukluğu temel frekans yanında bazı harmonik frekanslarında ortaya çıkmasına neden olur. Bundan dolayı harmonik bileşenlerden distorsiyondaki etkisini incelemek gerekir.

3.4. GENLİK DİSTORSİYONU

Genlik distorsiyonuna lineer olmama veya harmonik distorsiyon adı verilir. Kolektör ve baz akımları arasındaki bağıntının ($i_c = k i_b$ ($k = \text{sabit}$) şeklinde lineer olmayıp) parabolik bir bağıntı olduğunu kabul ederek harmonik distorsiyon in belenlenemez. O çalışma noktasının yakını için baz ve kolektör akımları arasındaki dinamik transfer eğrisi ni kuvvet serisi ile ifade edebiliriz.

Baz akımının anı değeri $i_b = I_{bm} \cos \omega t$ şeklinde sinüzoidal bir işaret olsun. Küçük genlikli işaretlere ait distorsiyonunu incelemek için bu serinin ilk iki terimini göz önüne almak yeterlidir.

Bu anı akımla I_c çalışma noktası akımını toplayacak olursak toplam kolektör akımı elde edilir.

$$i_c = I_c + i_c = I_c + A_0 + A_1 \cos \omega t + A_2 \cos 2 \omega t$$

Bu eşitliğin yorumu yapılırsa ; parabolik bir transfer fonksiyonuna sinüzoidal bir işaret uygulandığında çıkışta temel frekansla birlikte ikinci harmonik ve bir sabit terim elde edilir. Anlamı ortaya çıkar

A_0, A_1 ve A_2 katsayılarının değerleri sınır değerler cinsinden hesaplanabilir.

$$\omega t = 0 \text{ için}$$

$$i_c = I_{\max}$$

$$\omega t = \pi/2 \text{ için}$$

$$i_c = I_c$$

$$\omega t = \pi \text{ için}$$

$$i_c = I_{\min}$$

elde edilir.

Be degerleri en son eşitlikte yerleştirirsek ;

$$I_{max} = I_c + A_o + A_1 + A_2$$

$$I_c = I_c + A_o - A_2$$

$$I_{min} = I_c + A_o - A_1 + A_2 \quad \text{olur.}$$

Transistorun dinamik transfer eğrisinin lineersizliğinden olusan distorsiyon kucuk genlikli işaretlerde az ve buyuk genlikli işaretlerde fazladır. Kuvvetr serisi ile ilgili yukarıda yapılan yakjlasım kucuk genlikli çalımsa için gecerlıdır. Buyuk genlikli çalışmalarda distorsiyonu ifade etmek için kuvvet serisindeki tüm terimleri göz önüne almak gerekli.eğer giriş işareti ($i_b = I_{bm} \cos wt$) şeklinde ise ;

$$i_c = I_c + A_o + A_1 \cos wt + A_2 \cos 2wt + A_3 \cos 3wt... \quad \text{olur.}$$

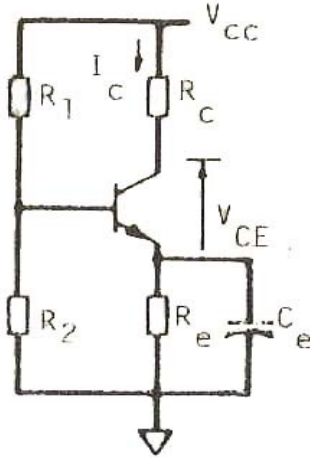
Daha önce bulmus oldugumuz çıkış gucu ifadesı harmonik distorsiyonun olmaması durumu için gecerlidir. Buyuk genlikli çalışmada tum harmoniklere ait çıkış güçlerini toplayarak toplam çıkış gucunu bulabilir.

3.5. A sınıfı güç amplifikatörü :

Ampli sınıfları , çalışma noktasının yuk dogrusu üzerindeki yerine gore ısımlendirilir.

A sınıfı amplide çalışma noktası yuk dogrusunun ortasındadır.bundan dolayı kolektör akımı surekli olarak akar. Çalışmaları ise çıkış karakteristığının lineer bölgesidir. Güc amplisinde sıcaklık önemli bir problem olduğundan çalışma noktasının sıcaklık etkisiyle yer değişmesi mümkündür. Özellikle V_{be} baz emetör geriliminin sıcaklık etkisiyle değişmesi önemlidir. Kararlı bir çalışma noktası elde etmek için A sınıfı çalışmada sekil 3.2 deki devre kullanılır. Transistör baz gerilimi R_1 R_2 ve R_e

dirençleri ile belirlenir. R_e direnci üzerinde oluşan negatif geribesleme ile V_{be} gerilim kompanze edilir.. mesela; sıcaklık etkisiyle V_{be} gerilımı artarak baz akımında artmasına neden olur.



Baz akımının artması ile kollektor akımı ve neticede emetor akımı da artacaktır. Emetor akımına bağlı olarak R_e deki gerilım düşümü artarak V_{be} gerilımının kuculmesine neden olur. Buradaki negatif geribesleme ile diğer yondeki değışmelerde onlenir ve çalışma noktası kararlı bir şekilde sabit bir noktada kalır.

Negatif geribeslemenın veya R_e direncının büyük olması kararlılığın artmasına sebep olur. R_e direnci çalışma noktasının yerine bağlı olduğundan fazla arttırmaz. Çalışma noktasının belirlenmesinde R_1 ve R_2 dirençleride etkili olduklarından $R_1 // R_2 \geq 10 R_e$ bağıntısı olacak şekilde bir seçim yapılması uygundur. Diğer devre elemanları da çalışma noktası ve yük doğrusunda bağlı olarak hesaplanır. Yük doğrusuda maksimum güc eğrisi , maksimum kollektor akımı (I_{cm}) ve maksimum kollektor emetor gerilımı (V_{cem}) ile sınırlanır. Bu hesaplamalardaki temel hedef verimın yüksek olmasıdır.

3.5.1.

A

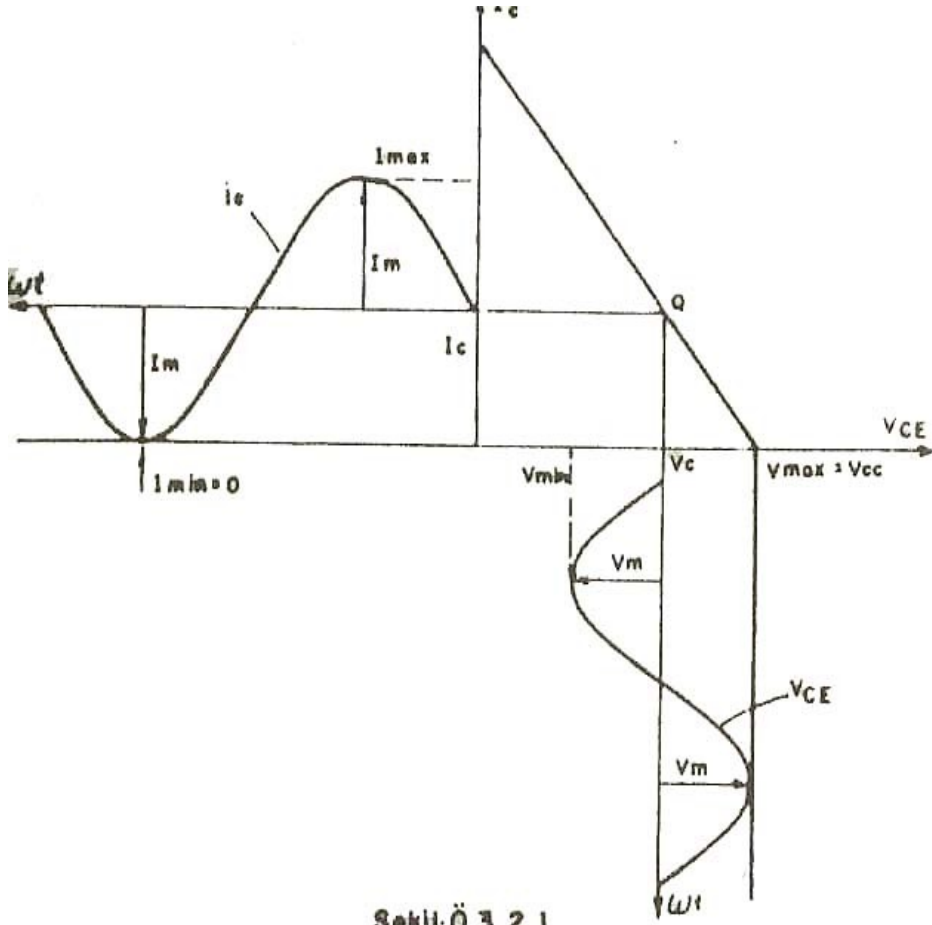
sınıfı amplifikatörün verimi :

Amplinin verimi , yuklten cekilen AC gucun , cıkıs devresının DC besleme kaynagından cektığı DC guce oranı şeklinde tarif edilir.

Burada V_m ve I_m sinüzoidal işaretlerin tepe degerlerini gosteriyor. Şekil-3.1. b de açık olarak gosterılmış olan bu işaretler degisik genlikte olabilir. Genliğin degismesi verimide etkiler. Dolayısıyla kucuk genlikli cıkıs işaretlerinde verim azalmaktadır. $V_m = 0$ olması halinde $V_{cc} * I_c$ kadarlık sureli bır guc kaybı olmaktadır.

Çalışma noktasının uygun secilmesiyle çalışma alanı kesim noktasından doyum noktasına kadar genişletilebilir. Maksimum olarak $I_m = I_c$ ile $V_m = \frac{1}{2} V_{cc}$ yapılabileceginden buyuk genlikli işaretler ıcın verim en cok %25 olur. Yani 1w lık bır cıkış gucu elde etmek ıcın 4w lık bır guc harcamak gerekecektir. Açıkca goruluyorkı guc amplilerinden Asınıfı çalışmayı seçmek pek uygun degildir.

Şekil 3.2.1

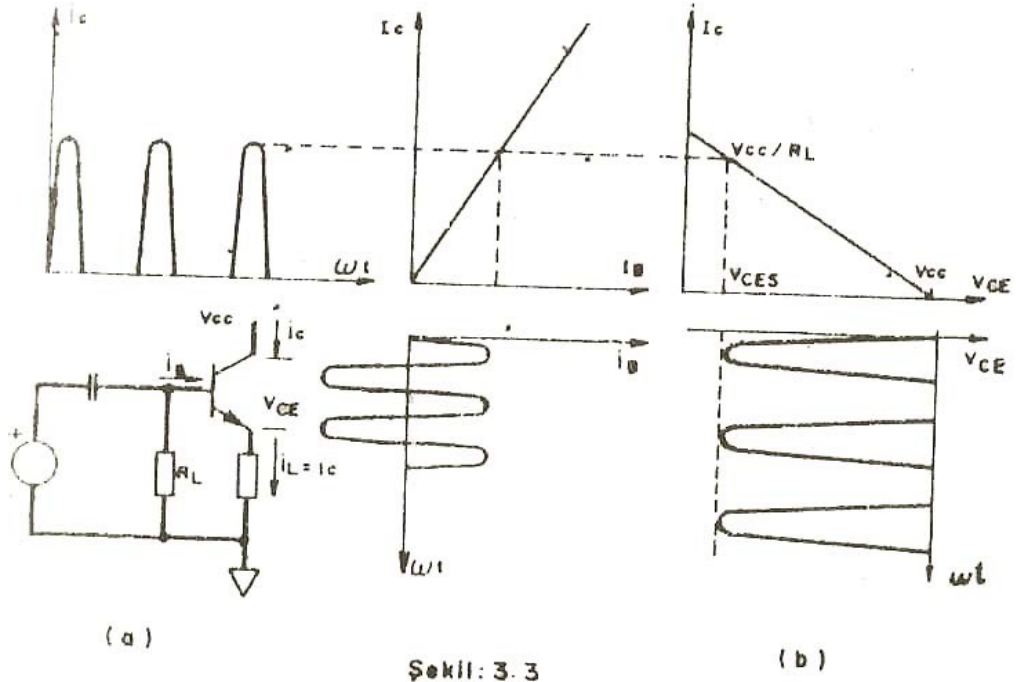


Şekil:Ö.3.2.1

3.6. B sınıfı güç amplifikatörü

B sınıfı ampliler push -pull ampli olarak ta bilinir. Bu tip amplilerde sukunette herhangi bir kollektor akımı akmaz. Yani, $I_c=0$ dır. Şekil - 3.3 te gösterilmiş olan emetor takipçisi devre B sınıfı kutuplanmış bir devredir. Transistör NPN tipi transistör olduğundan girise uygulanacak olan sinüzoidal işaretin yalnız pozitif periyotlarında iletme girecektir. Transistörün ideal bir eleman olarak düşünerek olursak ; şekil 3.3.b de gösterildiği gibi bu ampli katı bir doğrultucu niteliğinde çalışacaktır.

Şekil 3.3



Şekil: 3. 3

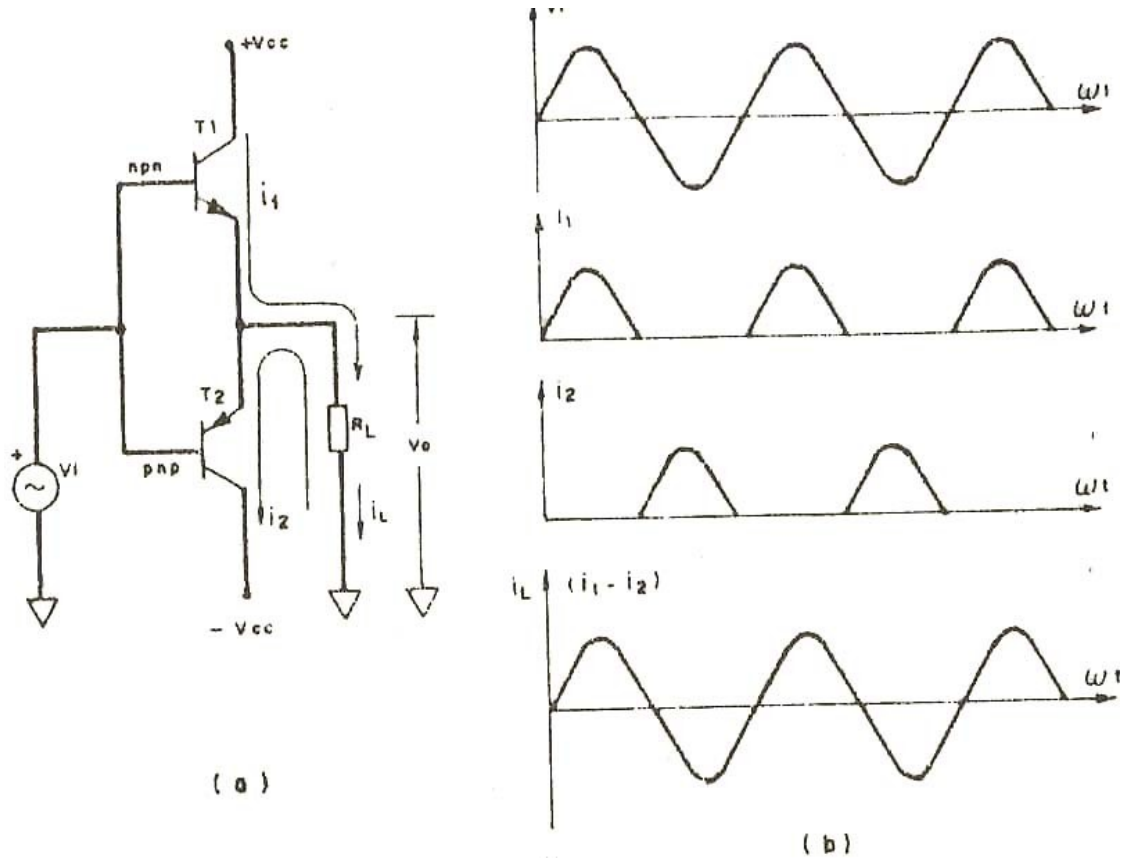
Sinüzoidal işaretin kırılan periyotlarını da ele alabilmek için eşlenik iki transistör kullanılır.

Şekil -3.4.A da gösterilmiş olan eşlenik iki transistörün oluşturduğu push - pull amplide V_i nin pozitif yarı periyoduna T1 iletiminde T2 kesimde ve negatif yarı periyodunda ise T1 kesimde , T2 iletimde olur. R_L yük direncinden her iki periyotta da akım aktığında I_L akımı sinüzoidal bir işaret şekline dönüşür. Yük akımı transistör akımlarının farkına eşittir. $I_L = I_1 - I_2$ dir.

Bu tip çalışmalarda kullanılacak olan transistörlerin birbirine antisimetri olması gerekirkı , çıkıştaki işarete distorsiyon oluşmasın.

Entegre tekniğine göre yapılan eşleneik emetör takipçısı push - pull katlarında bu simetri çok ıyı sağlanmakla birlikte önemli derecede harmonik distorsiyon oluşmaktadır.

Şekil 3.4



3.7. Entegre devre güç amplileri :

Gunumuzdeki amplilerin büyük bir kısmı hazır entegre devre şeklindedir. Bunlar değişik güçlerde olup montajı kolay ve kalitesi oldukça yüksektir.

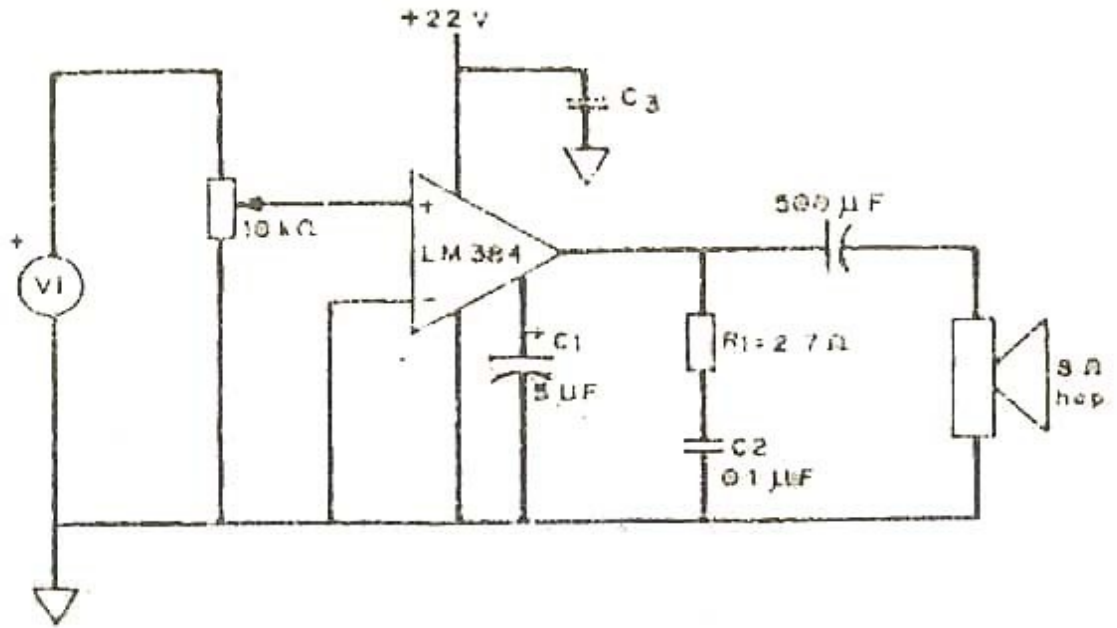
Şekil -3.10 da LM-384 entegre devresi kullanılarak 5w lık bir ses amplisi gösterilmiştir. Bu ampli yaklaşık 300 khz e kadar 30dB lık bir kazanc sağlar.

Devre 8 ohm luk yuke 5w lık güç verirken 1khz teki toplam harmonik distorsiyonu % 1 den azdır. Devrenin osilasyona girmesi için çıkışla giriş arasında kaçak kapasiteler üzerinde oluşabilecek geribeslemeye dikkat etmek gerekir. Bunu önlemek için ekranlama iyi yapılmalı ve R1,C2 elemanları ile gerçekleştirilmiş olan ileri faz

kompanzasyonundan faydalanmak gerekir. Devredeki C3 kapasitesi besleme kaynağındaki değişiklikleri onlemek gayesiyle kullanılır. C1 ile alçak frekanslar koprulur.

Şekil-3.11 de ise tüm bir ses frekans kuvvetlendiricisi olarak kullanılabilen Lm-389 entegre devre güç amplifi gösterilmiştir. Bu devre bir güç çıkış katı ile üç tane transistör ihtiva eder .T1 transistörü bir emetör takipçisi olarak çalıştığından giriş empedansı büyük çıkış empedansı küçüktür.

Şekil 3.10

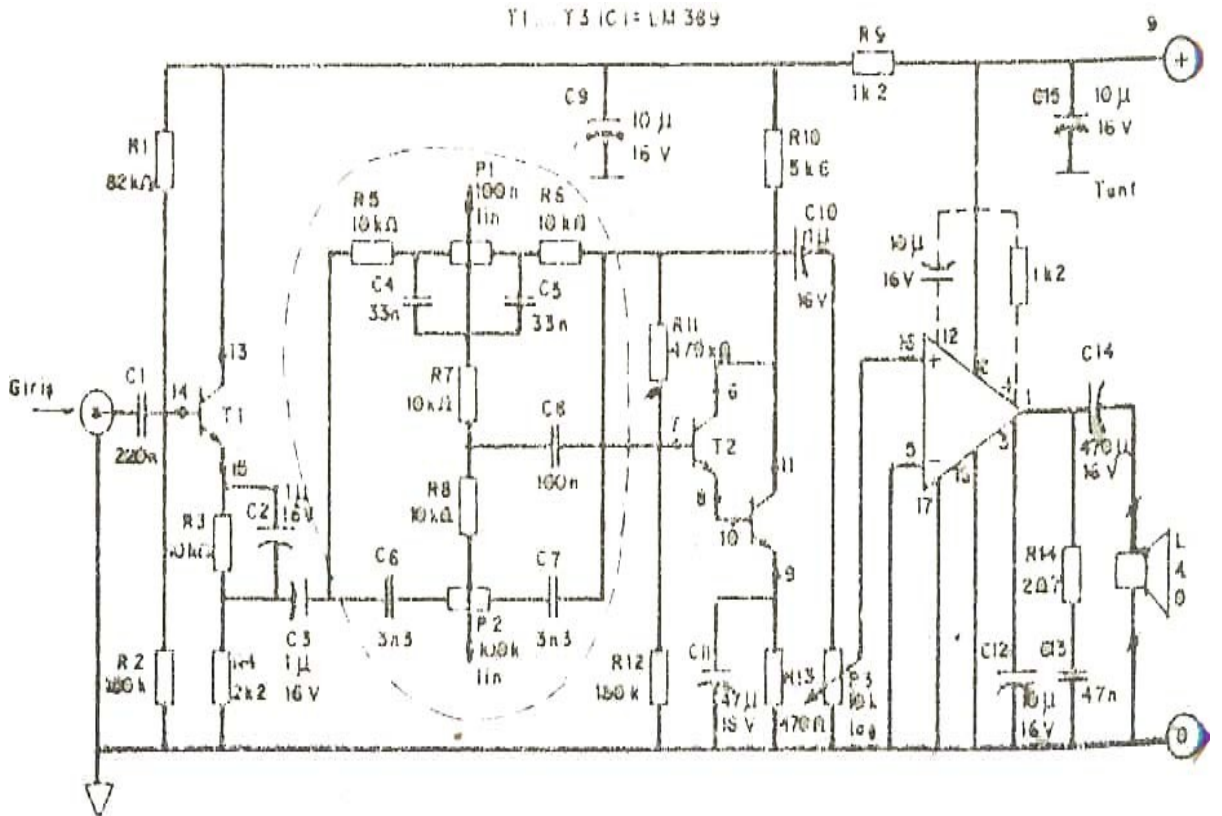


Devrenin giriş empedansı 50 k ohm dur.kesikli çizgi ile gösterilmiş olan çerçeve içindeki elemanlar yardımı ile ton kontrolu yapılır. T2 ve T3 transistörlerinin oluşturduğu DARLIGION katı P3 potansiyometresi üzerinden çıkış katını surer. Çıkış katı 4 ohm luk

yuke %10 distorsiyonlu 300mw ve 8ohm luk yuke 600mw lik guc verir. Az distorsiyonlu çıkış işareti için (%0,2) fazla guc cekmemek (120 mw) gerekir. Maksimum çıkış gucundeki giriş işareti 4 ohm luk yuk için 100 mw ve 8 ohm luk için 150 mw tur.

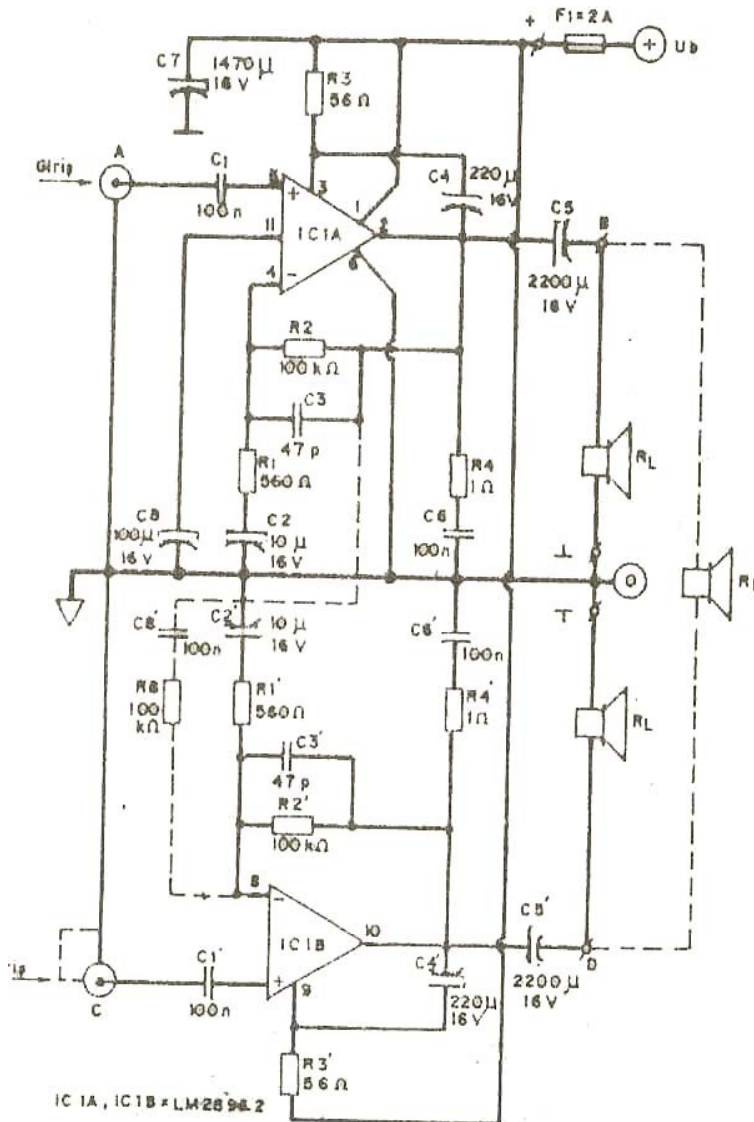
Şekil 1-3.12 de ise içinde iki tane guc kuvvetlendiricisi bulunan lm-2896 entegre devresinin stereo guc kuvvetlendiricisi olarak bağlantı diyagramı gösterilmiştir. Devre için gerekli kaynak gerilimi 3v ile 15v tır. Maksimum sukunet akımı ise 40 ma dır. 12 v luk kaynak geriliminde 8 ohmluk hoparlör içinde her iki kanala 2.5w (toplam 5w) çekilirken aynı kaynak ve yuler için kopru tıpi bağlantıda (kesik çizgili bağlantılar ilave edilerek) yaklaşık 9 w çekilir. R1, R2 ve C2 elemanları ile nagatif geribesleme olusturulmustur.

Şekil 3.11

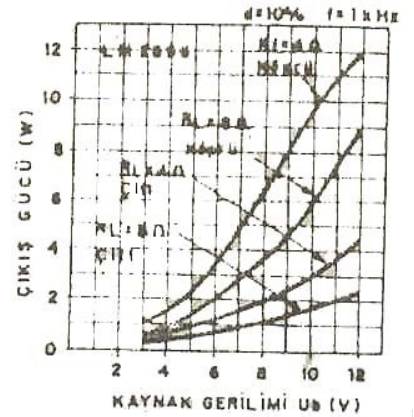


Kazanç bu elemanlar ile ayarlanır. Bu devrenin kazancı 180 le 360 arasındadır. En düşük gırs gerılımı 20 mv ve gırs empedansı 100k ohm dur. R2 ve C3 elemanları ile devrenin band genişliğide ayarlanır. 180 kazancındaki band genişliği 30hz ile 30khz ve 360 kazancında 30hz ile 20 khz dır. Kopru tıpy çalışmada devreye RB ve CB ilave edilirken C5 ve C5 kısa devre edilmektedir. Devreyi 4 ohm luk yuikle çalıştırırken 12v ile 1 A lık bı entegre devre gerılım regulatoru yeterli olup, uygun bır sogutucu kullanmak gerekir.

şekil 3.12



Saklı 3.12



3.8. Operasyonel amplinin tanıtılması:

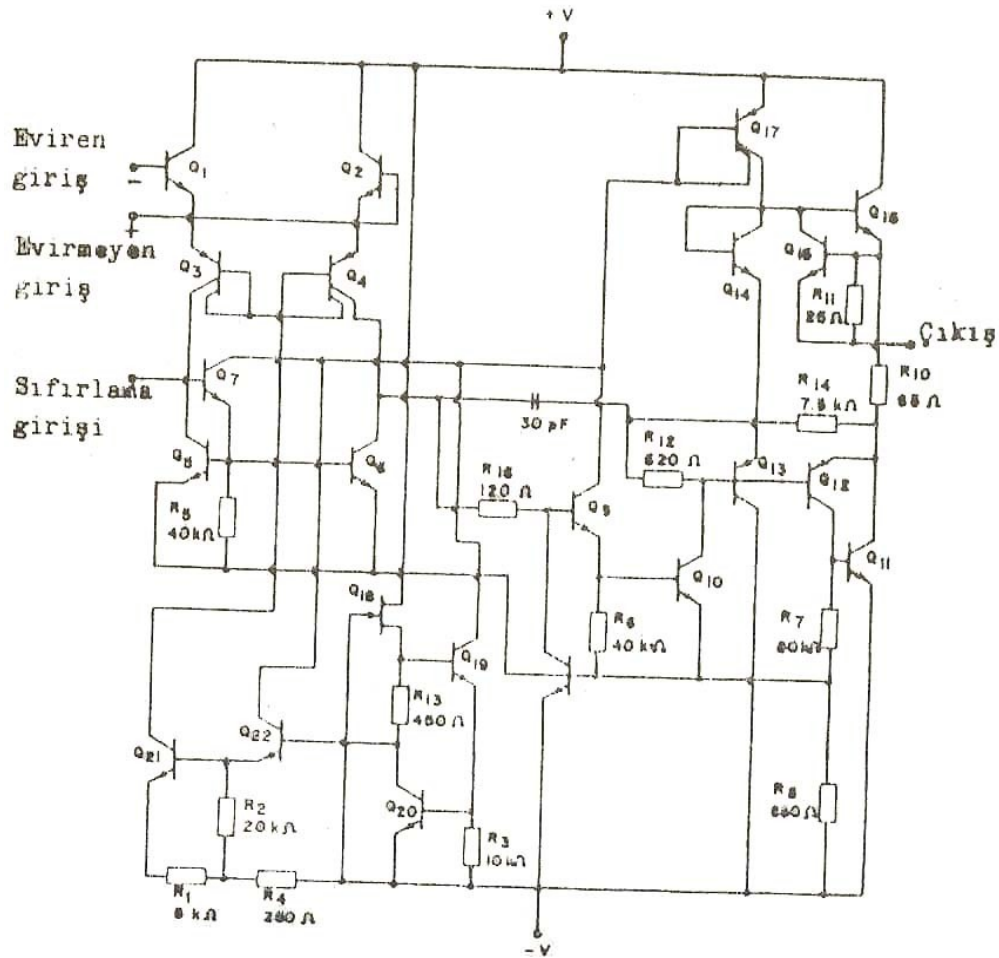
Eskiden matematiğin dört temel işlemi olan toplama, carpma , çıkarma ve bolme işlemlerini yapmak gayesiyle düzenlenmiş yüksek kazanlı amplilerle operasyonel ampli denilmekteydi. İlk uygulamaları yüksek voltajlı lambalı devreler olup ekonomik değildi. Günümüzde ise bu konuda bir ilerleme kaydedilmiş , maliyeti düşürülmüş , kalitesi yükseltilerek kullanım alanlarıda artmıştır.

Lineer entegre devre sınıfında olan operasyon el ampli kısaca opamp şeklinde isimlendirilir. Günümüzde proses kontrol ,

haberleşme, bilgisayar güç ve işaret kaynakları, gösterge düzenleri, test ve ölçü sistemleri gibi alanlarda kullanılır.

Bu bölümden itibaren tanıtılmasına en basit seviyeden başlanacak ve daha sonra her çeşit uygulama ve özellikleri üzerinde durulacaktır.

Şekil 4.1



3.8.1. Operasyonel amplinin yapısı :

Opampın iç yapısı çok değişik tiplerde olmakla beraber genel olarak kaskad bağlı dört alt blok halinde gösterebiliriz. İlk blok diferansiyel amplinin katıdır. İkinci blok bir veya daha fazla amplini katından olusmus kazanc blogudur. Üçüncü blok buffer ve

seviye kaydırıcı devrelerden oluşur. Dördüncü blok ise çıkış katıdır.

Bu bölümde opampı oluşturan blokların iç yapıları ve özellikleri ayrı ayrı incelenecektir.

Diferansiyel ampliler :

Opampın ilk katı olan diferansiyel ampliyi kısa olarak DİFAMP şeklinde ifade edeceğiz. DC den birkaç mhz e kadar olan işaretlerin farkını kuvvetlendiren bir amplidir. Difampın 1 ve 2 giriş uçlarına topraga göre V_1 , V_2 gerilimleri uygulanmış olsun. Difampın kazancı A_d ve ortak mod işareti V_c ile gösterilirse,

$$V_c = \left(\frac{1}{2} \right) (V_1 + V_2) , V_o = A_d (V_1 - V_2) = A_d V_d$$

Yazılabilir. Böylece V_1 ve V_2 değerleri , V_d ve V_c ile ifade edilebilir.

$$V_1 = V_c + \left(\frac{1}{2} \right) V_d$$

$$V_2 = V_c - \left(\frac{1}{2} \right) V_d \quad V_1 \text{ ve } V_2 \text{ nın ayrı ayrı uygulaması halinde difamp kazançları } A_1 \text{ ve } A_2$$

İse , çıkış işaretini aşağıdaki gibi yazabiliriz.

$$V_o = V_{o1} + V_{o2} = A_1 V_1 + A_2 V_2$$

Daha önce bulduğumuz V_1 ve V_2 değerlerini yerleştirirsek

$$V_o = A_d V_d + A_c V_c \text{ olur.}$$

Burada ; $A_d \equiv \left(\frac{1}{2} \right) (A_1 - A_2)$ “ fark işaret gerilim kazancı.”

$A_c \equiv A_1 + A_2$ “ ortak mod işaret gerilim kazancı dır.

Eğer $V_1 = -V_2 = 0,5 \text{ V}$ ise $V_d = 1$ ve $V_c = 0$, $V_o = A_d$ olur.

Eğer $V_1 = V_2 = 1 \text{ V}$ ise $V_d = 0$ ve $V_c = 1$, $V_o = A_c$ olur.

İdeal bir amplide A_d çok büyük ve A_c nın sıfır olması gerekir. Difamp kalitesini ifade etmek gayesiyle bu iki kazanç arasındaki oranın değerine bakılır. Ortak mod

eleme oranı (common-mode rejection ratio : cmrr) olarak isimlendirilen bu oranın tanımı ,

$$CMRR \equiv \mathcal{R} = | A_d / A_c |$$

Şeklindedir. $\mathcal{R}$ degeri opamptan opampa fark etmekle birlikte 1000 ile 10000 arsında bir degeridir. Katologlarda $20 \log \mathcal{R}$ şeklinde dB olarak ifade edilir.

3.8.2. Operasyonel amplitinin karakteristiği :

Kutuplama , dengesizlik , kayma :

DC ve AC veya herikısını birlikte kuvvetlendirmek gayesiyle en çok kullanılan ampli Operasyonel amplitidir. Özellikle DC işaretlerin kuvvetlendirilmesinde opamphatalı sonuc verebilir. Opampın çıkış işareti giriş işaretiyle kapalı çevrim kazancının çarpımına esittir. Opampın iç devrelerindeki dengesizlikten dolayı çıkış işareti farklı olabilir. Bu fark fazla değilse hatayı ihmal edebiliriz. Aksı halde bu hatayı kucultmeye çalışmalıyız. DC işaretlerinin kuvvetlendirilmesinde hata olusturan opamp karakteristikleri şunlardır.

- 1- giriş kutuplama akımı (INPUT BIAS CURRENT)
- 2- giriş dengesizlik akımı (INPUT OFFSET CURRENT)
- 3- giriş dengesizlik gerilımı (INPUT OFFSET VOLTAGE)
- 4- kayma.(DRIFT)

opamp AC işaretlerinin kuvvetlendirilmesinde kullanıldığında kapasitif kublaj dan dolayı yukarı dakı hata kaynakları yok olacaktır. AC ampli için ise aşağıdaki hata kaynakları önemli olmaktadır.

5- frekans cevabı (FREQUENCY RESPONSE)

6- eğim oranı (SLEW RATE)

Frekans cevabı, gerilim kazancının frekansla derece bağılı olduğunu gösterir. Her opamp için

açık-çevrim frekans cevabı kataloglarda verilmiştir. Bu grafiklerden belirli bir frekans için kazancın ne olacağı kolayca görülebilir.

Belirli bir kazançta frekans olmasına rağmen opamp çıkışının değişim hızı, giriş işaretinin değişim hızından yavaş ise çıkış işaretinde bir distorsiyon oluşur. Bu hata opamp içindeki kapasitelerden ileri gelmektedir.

Bu bölümde, yukarıda özetlemeye çalıştığımız hataların ne olduğunu, nasıl ölçülecekleri ve nasıl azaltılacakları konusu üzerinde durulacaktır.

Giriş kutuplama akımı

Opamp içindeki transistörlerin kutuplamaları yani baz akımları ve kolektör-emetör gerilimleri dengeli bir şekilde yapılmalıdır. Bu durumda opamp girişlerinden çok küçük değerli bir kutuplama akımı akar (İdeal halde opamp girişlerinden hiç akım akmadığı düşünülmektedir). Şekil 6.1' de gösterildiği gibi + girişten $I_b +$ ve - girişten $I_b -$ kutuplama akımı akar ve bu iki akım birbirine eşit olmayabilir.

Bu iki akımın mutlak değerlerinin toplamalarının yarısına giriş kutuplama akımı denir. I_b akımının değeri transistörlü opamlarda 1 mA ile 1 pA arasında olup FET' li opamlarda 1 pA' den küçüktür.

Giriş dengesizlik akımı

Opamp' ın çıkış gerilimi $V_o = 0$ olduğundan (veya yapıldığından) I_{b+} ve I_{b-} akımlarının mutlak değerlerinin farkına geçiş dengesizlik akımı denir.

I_{os} ' ın katalogdaki değeri $V_o = 0$ V ve 25 C için verilir. I_{os} ' in değeri I_{b+} 'nin dörtte birinden küçüktür. Eğer $I_{b+} = 0.4$ mA ve $I_{b-} = 0.3$ mA seçilirse ;

$$I_b = (0.4 + 0.3) / 2 = 0.35 \text{ mA}$$

$$I_{os} = (0.4 - 0.3) = 0.1 \text{ mA olur.}$$

Giriş kutuplama akımlarının çıkış gerilimine etkisi :

I_{b-} ve I_{b+} akımlarının etkilerini ayrı ayrı inceleyeceğiz. İdeal durumda ; $V_i = 0$ olduğunda $V_o = 0$ olmalıdır. I_{b-} kutuplama akımı opampın çıkışından sağlanmaktadır. R_f geri besleme direnci üzerindeki gerilim düşümü , V_o daki hata gerilimini oluşturur. $V_o = R_f I_{b-}$ dir. I_{b+} akımı ise 0 ohm luk direnc üzerinden aktığından bu akım herhangi bir hata gerilimi oluşturmaz. Eviren amplide de aynı $V_o = R_f I_{b-}$ hata gerilimi oluşur. R_s den herhangi bir akım akmaz. Eğer bir R_m direnci ilave edilirse V_o daki hata gerilimi artar. Normal uygulamada R_m direnci arzu edilmediği halde buradaki hata gerilimini ölçmek için yararlıdır.

İdeal halde $V_o = 0$ iken $V_o = 0$ olmalıdır.

Eğer V_s kaynağının iç direnci büyük ve $R_s = 1$ M ohm ise akan I_b akımı burada $R_s \times I_{b+}$ akımı burada $R_s \times I_{b+}$ kadar bir gerilim oluşturur. Bu gerilim - ve + girişlerinde gözükeneceğinden çıkış gerilimide $V_o = R_s \times I_{b+}$ kadar olur. I_{b+} akımı -V ve toprak üzerinden devresini tamamlar. $V_o = 0.3$ V olarak ölçülmüş ise

$I_{b+} = V_o/R_s = 0.3 / 1 \text{ m ohm} = 0.3 \text{ } \mu\text{A}$ elde edilir.

Burada + ve - girişler arasındaki gerilim farkının sıfır olduğu düşünulmüştür. Gerçekte bu gerilim sıfır değildir. Opampın dengesizlik gerilımı (V_{io}) kadar bir gerilim farkı vardır. Böylece gerçek I_{b+} değeri ise

$$I_{b+} = (V_o - V_{io})/R_s$$

Kadar olur. I_{b-} içinde aynı durum söz konusudur.

Giriş dengesizlik akımının çıkış gerilımına etkisi :

Giriş dengesizlik akımının sıfır veya $|I_{b+}| - |I_{b-}|$ durumu çok ender rastlanır. Eğer böyle bir durum varsa şekil 4.6 a da gösterildiği gibi $V_s = 0$ iken $V_o = 0$ olacaktır. Çoğu zaman dengesizlik akımını göz önüne almak gerekir. Bunun değeri I_b nin %25 i kadardır. Aynı devrede $R_s = R_f$ seçilerek çıkışta $V_o = \mp R_s I_{os}$ kadarlık bir hata gerilımı oluşturmak mümkündür. $I_{os} = |I_{b+}| - |I_{b-}|$ olduğundan $|I_{b+}| = |I_{b-}|$ ise $V_o = 0$ olur.

Eviren ve evirmeyen amplilerdeki dengesizlik akımının hata etkisini azaltmak gayesiyle bir R direnci koymak gerekir. R direncine AKIM KOMPANZASYON direnci denir. Değeri R_s ile R_f nin paralel eşdeğeri kadardır. Bunu şöyle açıklayabiliriz. Eğer $V_o = 0$ ise R_f ile R_s paralel bağlanmış olur. Opamp uçlarındaki gerilim farkı 0 olduğundan $(I_{b+}) (R) = (I_{b-}) (R_f/R_s)$ olur.

Eğer $I_{b+} = I_{b-}$ ise $R = R_f // R_s$ bağıntısı bulunur.

Eğer $I_{b+} \neq I_{b-}$ ise $(I_{b+}) (R) = (I_{b-}) (R_f/R_s)$ eşitliği sağlanacak şekilde R ve $R_f // R_i$ dirençleri seçilmelidir. Bu seçimi yapmak oldukça zor olduğundan $I_{b+} \approx I_{b-}$ kabul edilerek daima $R = R_f // R_s$ seçilir. Böylece V_o daki hata gerilımı %25 ten fazla azalır.

FET girişli opamlarda R direncine gerek yoktur. Eğer + girişe 1 den fazla direnc bağlanmış ise kutuplama akımının konpanzasyonu için aşağıdaki kural uygulanır.

“ + giriş ile toprak arasındaki DC direnc - gırs ile toprak arasındaki DC direnci eşit olmalıdır. “

Bunu uygularken kaynak iç direnci goz onune alınmalı ve opampın çıkışı $V_o = 0$ V yanı topraga baglı oldugu dusunulmelidir.

Sayısal olarak $R_f = 100$ kohm $R_s = 10$ k ile $R=R_s // R_f = 9.1$ k ohm degeri bulunur.

Giriş dengesizlik gerilımı (V_{io})

Gırs dengesizlik gerilımının tanımı

İdeal oplampta gırs uçları topraklandığında çıkıs gerilımı $V_o = 0$ dır. Pratikte ise opampın içindeki dengesizlikten dolayı $V_o \neq 0$ olmaktadır.

Cıkıstaki bu hata gerilımı mikrovolt mertebesinden başlayıp milivolt mertebesine kadar çıkabilir. Cıkıs gerilımını 0 yapabilmek için ıkı gırs arasına uygulanması gereken gerilıme GIRS DENGESIZLIK GERILIMI adı verılır.

Her opamp için bu gerilım farklı olup mesela ; 741'in 5mv ve lm 311 in 2mv kadardır. V_{io} gerilımı opampın + veya - gırsı ile toprak arasına uygulanır.

V_o ın polaritesine uygun olarak çıkısı 0 yapacak şekilde gırise dengesizlik gerilımı uygulanır. Mesela çıkıs + ise gırise + V_{io} ve çıkıs - ise gırise - V_{io} dengeleme gerilımı uygulanır.

Giriş dengesizlik gerilımının cıkıs gerilımına etkisi :

Dengesizlik gerilımının cıkıs gerilımına etkisi dengesizlik gerilımı degerine ve opampın açık çevrim kazancına bağılıdır. Negatif kucuk bır dengesizlik gerilımının acık cevrim kazancı yuksek olan bır opampın negatif saturasyona surdugu bilinmelidir.

Dengesizlik gerilimini gemliği ve polaritesi opamptan opampa değiştiğineden bazı opamplar $-V_{sat}$ 'a bazılarıda $+V_{sat}$ a sürölürler. Opamp çıkışı daima satürasyona sürölüğüğü için dengesizlik gerilimi bu yolla ölçölamez V_{io} 'ın bir negatif geri beslemeli ampli yardımı ile nasıl ölçölüğüğünü anlatarak V_{io} 'nun etkisine açıklamak daha kolay olacaktır.

Dengeli halde $V_s = 0V$ olduğundan $V_o = 0V$ olmalıdır. V_{io} bir işaret kaynağı gibi davrandığından ampli tarafından kuvvetlenerek çıkışa ulaşacaktır. Çıkıştaki hata gerilimi,

$$(V_o)_{io} = V_{io} (1 + R_f / R_s) \text{ olur}$$

Eğer V_{io} hata gerilimi R_s 'e seri olarak kabul edilseydi çıkıştaki hata gerilimi ;

$$(V_o)_{io} = - (R_f / R_s) V_{io}$$

olacaktı R_f kiçik seçilirse artı uca bağlanacak olan kutuplama akımı kompanzasyon direncinin (R) çıkışraki hata gerilimine etki etmiyeceğinide söyleyebiliriz. R_f 'e bağlı kapasite V_o daki gürültüyü azaltır.

741 Opampı için $V_{io} = 1 \text{ mV}$ olduğu göz önüne alınırsa :şekildeki devre elemanları için çıkış gerilimi,

$$(V_o)_{io} = (1 + 10000 / 100) \times 1 \text{ mV} = 101 \text{ mV olur.}$$

Toplayıcı devrede $R_s = R_1 // R_2 // R_3$ Oluduğundan çıkıştaki hata gerilimi daha da artacaktır. $V_1 = V_2 = 5\text{mV}$ olduğundan her biri sıralan (R_f / R_1) ve (R_f / R_2) kadar kuvvetlenerek çıkışta (-5) + (-5) = -10 mV lik bir gerilim oluşturur. $V_3 = 0$ olduğundan bunu herhangi bir etkisi yoktur.

Giriş dengesizlik gerilimi $V_{io} = 2.5 \text{ mV}$ un da + girişte olduğunu kabul edelim. Eř değer devreden V_{io} ya ait çıkıştaki hata gerilimi $+10 \text{ mV}$ olur. İşaret gerilimi ile hata gerilimi aynı değerde ve ters işaterli olduğundan devrede çıkış -10 mV yerine 0 V olur.

Görüldüğü gibi hatagerilimi = (toplanacak elemansayısı + 1) x (V_{io}) kadar olur. Toplanacak eleman sayısı arttıkça çıkıştaki hata bileşenide büyüyecektir.

Böylebir devrede girişlerden birine mesela V_3 e uygun bir gerilim uygulanarak V_{io} nun etkisi ortadan kaldırılabilir. Mesela $V_3 = 10$ mV seçilirse kazançda -1 olduğundan çıkışta -10 mV elde edilir. Bu gerilim hata bileşenini yok eder. Ancak bu tip uygulamanın iki mahsurlu tarafı bulunmaktadır. 1. si ; Böyle küçük bir gerilimi elde etmek için +V ile - V arasına bağlanacak olan bir gerilim bölücü direnci kullanılmasını gerektirmesi, 2. si ise böyle bir direncin gürültü kazancını arttırmasıdır.

Kutuplama akımı ve dengesizlik gerilimi aşağıdaki yöntemle azaltılabilir.

Kutuplama akımını ve dengesizlik geriliminin sıfırlanması:

Opam çıkışındaki hata gerilimini azaltmak için aşağıdaki 3 işlemi yapmak gerekir.

- 1- Daha önce açıklandığı gibi bir kopazisyondirenci seçilir.
- 2- Giriş dengesizlik gerilimi açıklandığı gibi sıfırlanır.
- 3- Çıkış gerilimi de açıklandığı gibi sıfırlanır.

Giriş dengesizlik geriliminin sıfırlanması :

Opamp imalatçıları yayınladıkları kataloklarda gerilim dengesizliğinin nasıl sıfırlanacağını açıklamaktadır. Buradaki yöntemler denenmiş en uygun yöntemlerdir. Giriş dengesizlik geriliminden dolayı çıkışta oluşan hata gerilimini azaltmak gayesi ile birkaç örnek devre gösterilmiştir. +V ile Opamp içindeki bir nokta arasına bir ayarlı direnç bağlanarak çıkıştaki hata gerilimi sıfırlanır. Direncin değeri 0 ise 50 ohm arasındadır. Kaliteli

Opamplar için imalatçı firma tarafından bu gayeye yönelik metal film dirençler yapılmıştır.

Çıkış Geriliminin Sıfırlanması:

Çıkış gerilimi aşağıdaki sıra takip edilerek sıfırlanır.

a) Akım kompanzasyon'u için uygun bir direnç bağlandıktan sonra yukarıda açıklandığı gibi giriş dengesizlik gerilimi sıfırlanır.

b) Çıkışa bir yük direnci bağlanır.

c) Çıkıştaki DC gerilimini ölçmek için, çıkışa bir DC voltmeter veya bir osilaskop bağlanır. Çıkış gerilimini birkaç milivolt civarında olmalıdır.

d) Dengesizlik gerilimi sıfırlama direncini ayarlıyarak V_0 sıfır yapılır. Böylece giriş kutuplama akımından ve dengesizlik geriliminden oluşan çıkış hata gerilimi minimuma indirilmiş olur.

e) Ayarlara dokunmadan girişe işaret verilerek kuvvetlendirme ve ölçüm yapılır.

Kayma :

Çıkıştaki hata gerilimi akım kompanzasyon direnci ve dengesizlik gerilimi sıfırlanması ile minimum yapılmaktadır. Bu ayarlama belirli bir sıcaklık için ve belirli bir an için geçerlidir.

Dengesizlik akım ve gerilimi sıcaklığa değiştiği gibi devre elemanları değerlenini zamanla değişmesinden de etkilenmektedir. Bunlara ilave olarak kaynak gerilimi kutuplama ve dengesizlik akımlarında etki eder. Regüleli bir gerilim kaynağı ile bu hata yok edilebilir. Sıcaklıktan etkilenmemk için ise ya devrenin bulunduğu ortamdaki sıcaklığın sabit tutulması yada sıcaklıktan az etkilenen Opamp seçmek gerekir. Giriş dengesizlik akım ve gerilimini sıcaklıkla değişmesine kayma denir. Dengesizlik akımdaki kayma $nA/^{\circ}C$ şeklinde ve dengesizlik

gerilimdeki kayma ise mikrovolt/°C şeklinde ifade edilir. Kayma miktarı ve yönü değişik sıcaklıklarda değişik değerlerdedir. Mesela alçak sıcaklıklarda $V_{io} = +20 \mu V / ^\circ C$ iken yüksek sıcaklıklarda $-10 \mu V / ^\circ C$ olabilir. Bundan dolayı kataloglarda iki sıcaklık arasındaki ortalama ve maximum kayma değerleri belirtilir.

KAYNAKÇA :

- <http://tomshardware.com.tr/video/02q4/021023/hercules-01.html>
- <http://tomshardware.com.tr/video/02q4/021023/hercules-02.html>
- <http://www.dvdim.com/dvdrehber.htm#>
- www.e-proje.com.tr

