

**T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI**

ELEKTRİK-ELEKTRONİK TEKNOLOJİSİ

**AMPLİFİKATÖRLER
522EE0262**

Ankara, 2012

- Bu modül, mesleki ve teknik eğitim okul/kurumlarında uygulanan Çerçeve Öğretim Programlarında yer alan yeterlikleri kazandırmaya yönelik olarak öğrencilere rehberlik etmek amacıyla hazırlanmış bireysel öğrenme materyalidir.
- Millî Eğitim Bakanlığınca ücretsiz olarak verilmiştir.
- PARA İLE SATILMAZ.

İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR	ii
GİRİŞ	1
ÖĞRENME FAALİYETİ-1	3
1. AMPLİFİKATÖRLERE GİRİŞ	3
1.1. Amplifikatör Çalışma Modları	3
1.1.1. Ortak Emiter	4
1.1.2. Ortak Kollektör	41
1.1.3. Ortak Beyz	43
1.2. Amplifikatör Çalışmasını Etkileyen Faktörler	49
1.2.1. Verim	51
1.2.2. Kazanç Kontrol ve Kararlılık	52
1.2.3. Kuplaj	55
1.2.4. Empedans Uygunlaştırma	57
1.2.5. Distorsiyon	62
UYGULAMA FAALİYETİ	64
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	66
ÖĞRENME FAALİYETİ-2	67
2. GÜÇ AMPLİFİKATÖRLERİ	67
2.1. Güç Amplifikatör Sınıfları	67
2.1.1. A Sınıfı Amplifikatörler	69
2.1.2. B Sınıfı Amplifikatörler	79
2.1.3. C Sınıfı Amplifikatörler	88
2.2. Entegreli Güç Amplifikatörleri	92
2.3. Güç Amplifikatörü Arızaları	102
UYGULAMA FAALİYETİ	105
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	106
MODÜL DEĞERLENDİRME	107
CEVAP ANAHTARLARI	109
KAYNAKÇA	110

AÇIKLAMALAR

KOD	522EE0262
ALAN	Elektrik Elektronik Teknolojisi
DAL/MESLEK	Görüntü ve Ses Sistemleri
MODÜLÜN ADI	Amplifikatörler
MODÜLÜN TANIMI	Amplifikatörlerin kurulumu, amplifikatörlerin arızalarını tespit etme ve giderme, sistem montajı arızalarının tespiti ve onarımı yeterliklerinin kazandırıldığı bir öğrenme metaryalidir.
SÜRE	40/32
ÖN KOŞUL	Bu modülün ön koşulu yoktur.
YETERLİK	Amplifikatörler devrelerini kurmak ve arızalarını gidermek
MODÜLÜN AMACI	Genel Amaç Bu modülle gerekli atölye ortamı sağlandığında amplifikatör devrelerini kurabilecek ve arızalarını giderebileceksiniz. Amaçlar 1. Amplifikatörlerin çalışmasını etkileyen faktörleri hesaplayarak uygulayabileceksiniz. 2. Güç amplifikatörü yaparak arızalarını giderebileceksiniz.
EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI	Ortam Elektrik-elektronik laboratuvarı, işletme, kütüphane, ev, bilgi teknolojileri ortamı vb. Donanım Anlatım (sunuş), soru-cevap, tartışma, problem çözme, gezi gözlem, laboratuvar (deney), örnek olay incelemesi metotları ile beyin fırtınası, gösteri, ikili ve grup çalışmaları, mikro öğrenim, bilgisayar destekli öğretim tekniklerinin biri veya birkaçı kullanılacaktır.
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	Modül içinde yer alan her öğrenme faaliyetinden sonra verilen ölçme araçları ile kendinizi değerlendireceksiniz. Öğretmen modül sonunda ölçme aracı (çoktan seçmeli test, doğru-yanlış testi, boşluk doldurma, eşleştirme vb.) kullanarak modül uygulamaları ile kazandığınız bilgi ve becerileri ölçerek sizi değerlendirecektir.

GİRİŞ

Sevgili Öğrenci,

Gelişen teknoloji ile beraber günlük hayatımızda kullandığımız elektronik cihazların sayısında her geçen gün artış olmaktadır. Üretim yapan ve hizmet sunan firmalarda da aynı şekilde elektronik sistemler her geçen gün daha yoğun olarak kullanılmaktadır. Sanayi firmalarının birçoğu otomasyon sistemleri veya bilgisayar sistemleri kullanarak çalışmaktadır. Sonuç olarak artık günümüzde elektronik cihazları kullanımını bilmek bir ayrıcalık değil, okuma yazma bilmek kadar gereklidir.

Sizler bu bölümü tercih ederek bu tip gelişmelere topluma nazaran daha yakın olacaksınız. Elektrik ve elektronik teknolojisi alanındaki kalifiye eleman ihtiyacı her geçen gün arttığı için daha kolay iş bulabileceksiniz. Hem iş hayatında hem de günlük yaşamınızda bir adım önde olarak daha konforlu bir yaşam süreceksiniz.

Günlük hayatımızda kullandığımız amfilikatörlerin yapım aşamalarını ve çeşitlerini hesaplarını bu modülde beraberce göreceğiz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-1

AMAÇ

Öğrenci bu modülle gerekli atölye ortamı sağlandığında amplifikatör devrelerini kurabilecek ve arızalarını giderebilecektir

ARAŞTIRMA

- Amplifikatörleri kavram ve çeşitlerini araştırınız.
- Günlük hayatınızda karşılaştığınız amplifikatörleri ders ortamında paylaşınız.
- Öğretmeninizden bulduğunuz amplifikatörlerin isimlerini öğreniniz.
- Topladığınız bilgileri bir rapor haline getiriniz.

1. AMPLİFİKATÖRLERE GİRİŞ

1.1. Amplifikatör Çalışma Modları

Bir transistörden yükselteç olarak yararlanabilmek için şu üç temel bağlantı şekline biri uygulanır.

- Emiteri ortak bağlantılı yükselteç
- Beyzi ortak bağlantılı yükselteç
- Kollektörü ortak bağlantılı yükselteç

Bir transistörden gerektiği şekilde yararlanabilmek için çalışma şartlarındaki özelliklerini daha yakından tanımak gerekir.

Bir devrede kullanılacak transistörün doğru seçilmesi çok önemlidir.

Örnek:

Devre, değişik frekansta ve değişik sıcaklık ortamında kullanılacak olabilir. Ses frekansında kullanılacak bir yükselteç olduğu gibi yüksek frekanslar da (radyo frekansı) kullanılacak bir yükselteçte olabilir.

Değişik akım, gerilim ve güç kazancı sağlanması istenebilir. Böyle değişik devrelerde kullanılacak transistörün de o yapıya uygun olan belirli özelliklere sahip olması gerekir.

Transistörü tanıtan bilgilere, uluslararası bir terim olarak "Transistörün Karakteristikleri" denmiştir.

1.1.1. Ortak Emiter

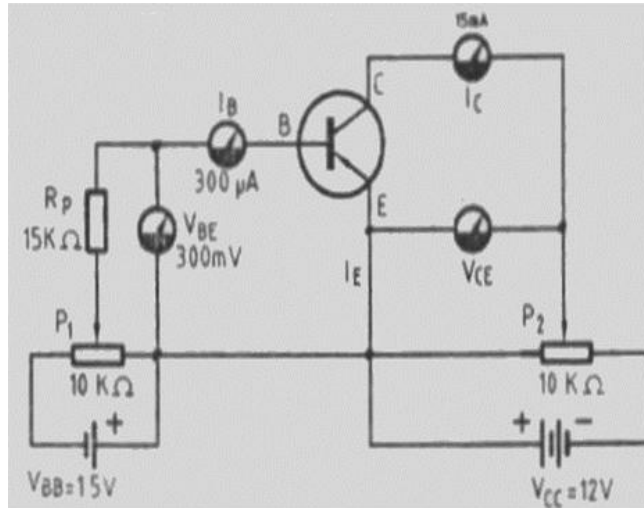
Emiteri ortak yükselteç en çok kullanılan yükselteç türüdür. Transistör uygulamasının %90-95'inde kullanılır. Özellikle ses frekansı yükselteci olarak uygundur.

1.1.1.1. BJT İle Yapılan Ortak Emiterli Amplifikatör

➤ Emiteri ortak bağlantının statik karakterisitkleri

Transistörün “Emiteri Ortak Bağlantılı” hali belirtilirken, çoğu yerde baş harflerden oluşan "EOB" kısaltması kullanılacaktır.

Statik karakteristiklerin incelenmesi, giriş ve çıkıştaki DC akım ve gerilim değerlerinin değerlendirilmesi ile sağlanır. Bu dört değerdeki değişimler, şekil 1.1'deki gibi kurulan bir yükselteç devresiyle incelenir. Girişteki akım ve gerilimdeki değişimler girişe seri bağlanan mikro ampermetre (μA) ve paralel bağlanan mili voltmetre (mV) ve çıkıştaki değişimlerde, çıkışa bağlanan mili ampermetre ve voltmetre ile ölçülür. Kullanılan ölçü aletlerinin skala büyüklüğü ölçebileceği değere göre seçilmiştir



Şekil 1.1 : Transistörün statik karakteristiklerini tanımlamak üzere kurulan yükselteç devresi

Şekil 1.1'e dikkat edilirse, statik karakteristikler transistör çıkışında herhangi bir yük direnci bulunmaksızın yapılan DC ölçümleri ile belirlenmektedir. Uygulanan bu tür ölçme yöntemi ile hesaplanan karakteristik değerlere ve çizilen eğrilere kısa devre karakteristikleri de denir.

Emiteri Ortak Bağlantı'nın statik giriş direnci " r_g " giriş direnci, transistörün önemli karakteristik değerlerinden biridir.

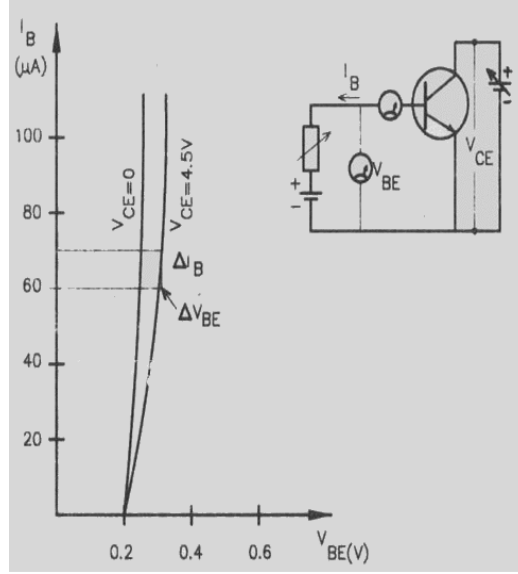
Giriş direncini iki yoldan hesaplamak mümkündür:

Şekil 1.2'de verilen devrede V_{BE} gerilimi ve I_B akımı ölçülerek

$R_g = V_{BE}/I_B$ formülü ile bulunur.

Şekil 1.2'de verilmiş olduğu gibi, " $V_{BE} - I_B$ " bağıntısını gösteren, giriş karakteristik eğrisi üzerindeki küçük bir değişim (Δ - Delta) aralığındaki ΔV_{BE} gerilimi ve ΔI_B akımından yararlanılarak

$R_g = \Delta V_{BE} / \Delta I_B$ bağıntısı ile hesaplanır.



Şekil 1.2: Emiteri ortak bağlantıda giriş karakteristik eğrisi (ge transistör)

➤ **Küçük değişimin alınmasının nedeni**

Şekil 1.2'de görüldüğü gibi karakteristik eğrisi lineer (doğrusal) değildir ve orjinden (sıfır noktası) başlamaktadır. I_B akımı Ge transistörlerde de $V_{BE}=0,2$ voltta Si Transistörler de $V_{BE}=0,6$ voltta akmaya başlar. Her iki yoldan yapılacak hesaplamalarda farklı sonuç alınacaktır. Fakat büyük bir fark olmayacaktır. Karakteristik eğrisi hassas bir çalışma sonucu çıkarıldığından daha doğru sonuç verir. Ancak ölçümlerin çok iyi yapılması gerekir.

➤ **Hesaplama örneği**

Şekil 1.2'deki giriş karakteristik eğrisinden yararlanarak (Örneğin $V_{CE}=4,5V$ iken) giriş direncinin ne olacağını hesaplayalım.

Şekil 1.2'de görüldüğü gibi ölçüm için seçilen bölge, karakteristik eğrisinin mümkün olduğunca doğrusal bölümünde alınacaktır.

Seçilen noktadaki değişimin değeri:

$\Delta V_{BE}=0,02V$ $\Delta I_B=10 \cdot 10^{-6}$ A'dır. Bu değere göre,
 $R_g = \Delta V_{BE} / \Delta I_B = 0,02 / 10 \cdot 10^{-6}$ dan $R_g=2000$ ohm olarak bulunur.

Emiteri ortak bağlantıda giriş direnci, transistörden transistöre ve besleme durumuna göre 200 ila 2000 ohm arasında değişmektedir.

➤ **Emiteri ortak bağlantının statik çıkış direnci**

" R_C " çıkış direncinin hesaplanması da yine iki yoldan yapılır:

Burada örnek olarak Şekil 1.3'te verilmiş olduğu gibi " $V_{CE}-I_C$ " bağıntısını gösteren çıkış karakteristik eğrisi (1. bölge eğrisi) üzerindeki küçük bir değişim (Δ Delta) aralığında ölçülen ΔV_{CE} gerilimi ve I_B akımından yararlanılarak:

$R_C = \Delta V_{CE} / \Delta I_C$ bağıntısı ile hesaplanır.

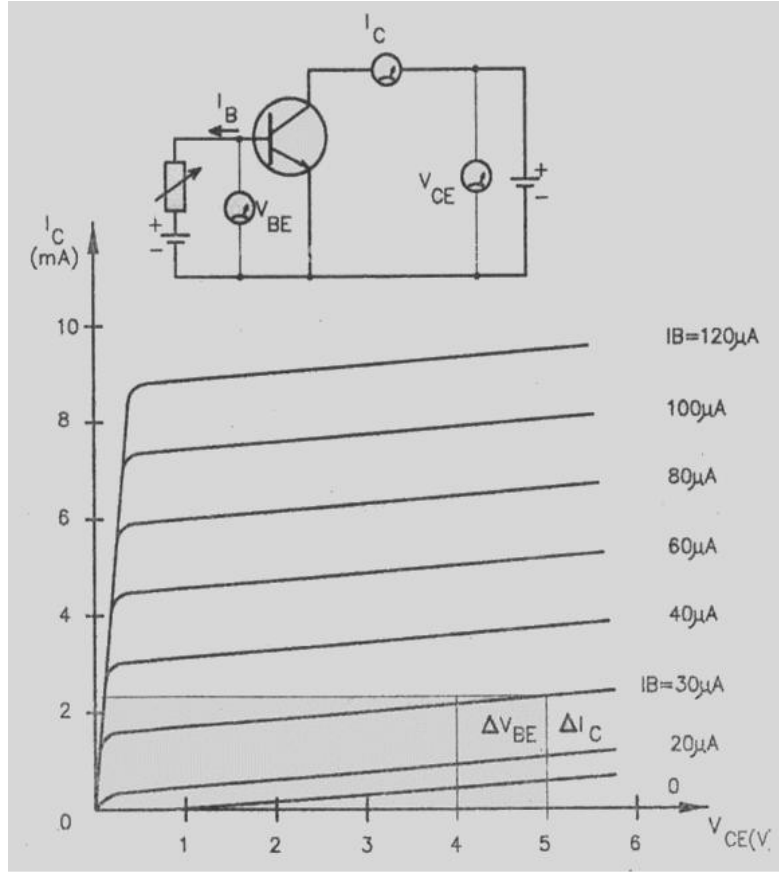
Örnek:

Şekil 1.13'den: $\Delta V_{CE} = 5-4-2=1V$ $\Delta I_C = 1,85-1,75 = 0,1$ mA olur.

ΔV_{CE} değişimi volt, ΔI_C değişimi ise mA cinsinden olduğundan, bunların aynı birim sisteminde, "Volt ve Amper" olarak yazılması gerekir.

$R_C = \Delta V_{CE} / \Delta I_C = 1 / 0,1 \cdot 10^{-3} = 10000\Omega = 10$ K Ω olarak bulunur.

Emiteri ortak bağlantıda, çıkış dirençleri transistörden transistöre 10 ila 500 Kohm arasında değişmektedir.



Şekil 1.3: Emiteri ortak bağlantıda değişik I_B akımlarında çıkış karakteristik eğrileri

➤ **Emiteri ortak bağlantının statik akım kazancı**

Akım Kazancı, çıkış akımının giriş akımına oranı ile bulunur.

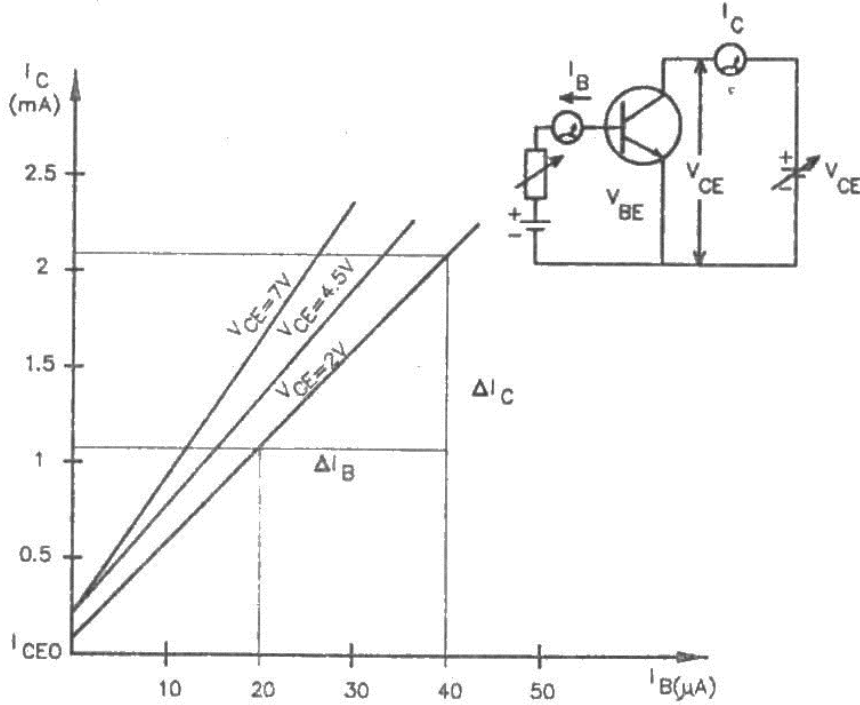
Buna, transfer karakteristiği denir.

Emiteri ortak bağlantılı yükselteçte DC çıkış akımı " I_C ", DC giriş akımı " I_B " olduğuna göre; Statik akım kazancı: $\beta = I_C/I_B$ dir.

Ancak, dinamik akım kazancı ile statik akım kazancı arasında çok büyük fark bulunmamaktadır. Bu nedenle " β " genel olarak, emiteri ortak bağlantılı transistörün akım kazancı olarak kabul edilir.

Hesaplaması yine iki yoldan yapılır:

- Giriş ve çıkış ölçü aletlerinden okunan I_C ve I_B değerleri oranlanır.
- Bölge karakteristik eğrisinden yararlanılır.



Şekil 1.4 : Emiteri ortak bağlantıda transfer karakteristiği

Transfer karakteristiği, Şekil 1.4'te görüldüğü gibi sıfır noktasına yakın başladığı ve lineer olduğu için, karakteristiğinin herhangi bir yerinde çalışma noktası seçmek mümkündür.

Şekilde görülen I_{CEO} akımı beyz devresi açık iken, yani $I_B=0$ iken, emiter-kollektör arasında akan kaçak akımdır. Bu akım ihmal edilebileceğinden, karakteristik eğrisi "0" noktasından geçiyor kabul edilebilir.

Ancak, daha da doğru bir sonuç alabilmek için, küçük değişim (D) değerleri ile hesap yapmak daha uygun olur.

Örneğin:

Akım kazancını, şekil 1.4'teki, $V_C = 2V$ 'a göre çizilmiş olan transfer karakteristiğinden yararlanarak hesaplayalım. (Akım değerleri amper olarak yazılacaktır).

$K_i = \beta = \Delta I_C / \Delta I_B = (2,2 - 1,2) \cdot 10^{-3} / (40 - 20) \cdot 10^{-6} = 1,0 \cdot 10^{-3} / 20 \cdot 10^{-6} = 50$ olarak bulunur.

Emiteri ortak yükselteçte akım kazancı 10 ile 200 arasında değişmektedir.

➤ **Emiteri ortak bağlantının statik gerilim kazancı**

Gerilim kazancında durum akım kazancı ve direnç hesaplamalarından farklı olmaktadır.

Gerilim kazancında, bir devreden alınan zayıf gerilimin kuvvetlendirip başka bir devreye verilmesi söz konusudur.

Bunun için dört bölge karakteristik eğrilerinden yararlanılmaktadır.

Örnek bir devre şekil 1.5'te verilmiştir.

Gerilim kazancının genel yazılışı: $K_V = V_{Çıkış} / V_{Giriş}$ tir.

$V_{Çıkış}$ (V_C): R_2 direnci üzerindeki gerilim düşümü.

$V_{Giriş}$ (V_g): R_1 direnci üzerindeki gerilim düşümü.

Diğer bir ifadeyle: $V_g = I_B \cdot R_1$, $V_C = I_C \cdot R_2$ dir.

Bu duruma göre, şekil 1.5 'teki devrenin, statik gerilim kazancı şöyle olacaktır:

$K_V = I_C \cdot R_2 / I_B \cdot R_1$ $I_C / I_B = \beta$ olup

gerilim kazancı: $K_V = \beta \cdot (R_2 / R_1)$ olur.

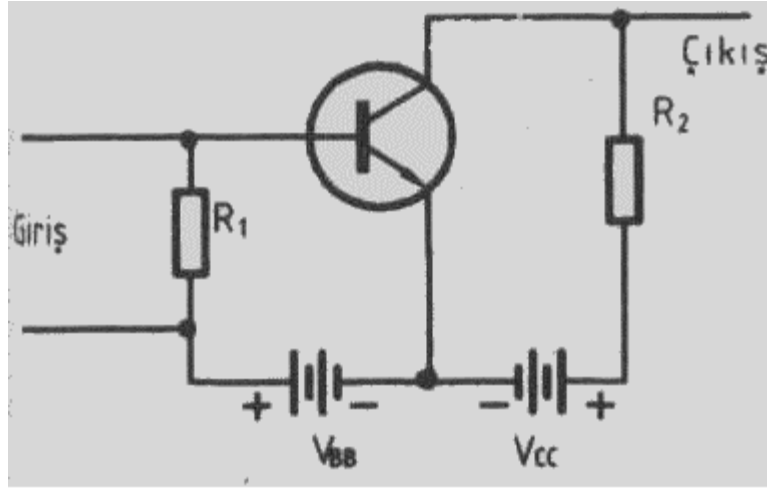
Böylece, şekil 1.5'teki benzer şekilde kurulan yükselteçler için, şöyle bir kural ortaya çıkmaktadır:

EOB statik gerilim kazancı: $K_V = \beta \cdot (\text{yük direnci} / \text{giriş devresi direnci})$

Bu kural, ses frekanslı gerilim yükselteçleri için de geçerlidir.

Zira küçük frekanslarda: $\beta_{AC} = \beta_{DC}$ 'dir.

Statik gerilim kazancının, transistör çıkış uçlarıyla, giriş uçları arasındaki gerilimlerin DC ölçü aleti ile ölçülmesi yoluyla bulunması da mümkündür.



Şekil 1.5 : Emiteri ortak tipik bir DC yükselteç devresi

Emiteri ortak bağlantıda gerilim kazancı birkaç yüz civarındadır.

R_1 ve R_2 'nin diğer işlevi, beyz ve kollektör polarma gerilimlerini limit değerler arasında sağlamaktır.

EOB 'da K_V gerilim kazancı bir kaç yüz civarındadır.

NOT: Daha önceki “Statik Karakteristik”lerin incelendiği devrelerde, besleme kaynakları V_{BE} ve V_{CE} şeklinde gösterilmişti. Bunun nedeni besleme kaynaklarının doğrudan transistörün B-E ve C-E elektrotları arasına bağlanmasıydı. Şekil 1.5' teki besleme kaynakları ise V_{BB} ve V_{CC} şeklinde gösterilmiştir. Bunun nedeni ise besleme kaynağı ile B ve C elektronları arasında direnç bulunduğundan, kaynağın hangi elektrodun polarılması için kullanıldığı ihtiyacının duyulmasıdır. Örneğin, V_{BB} kaynağı, beyz (B) polarması için V_{CC} de kollektör (C) polarması kullanılmaktadır.

➤ Emiteri ortak bağlantının statik güç kazancı

Güç Kazancının genel bağlantısı şöyledir:

$$K_P = \text{Çıkış gücü} / \text{Giriş gücü} = P_C / P_g \text{ veya}$$

$$\text{Şekil 1.5'ten } P_C = I_C^2 \cdot R_2 ; P_g = I_B^2 \cdot R_1 \text{ olup yerine konursa}$$

$$K_P = I_C^2 \cdot R_2 / I_B^2 \cdot R_1 = \beta^2 (R_2 / R_1) \text{ olur, veya}$$

K_P = Akım kazancı (β) x gerilim kazancı (K_V) kuralına göre

$$K_P = \beta \cdot K_V \text{ şeklinde yazılır.}$$

R_2 ve R_1 dirençleri ve β yerine en sık rastlanan değerler yazılırsa:

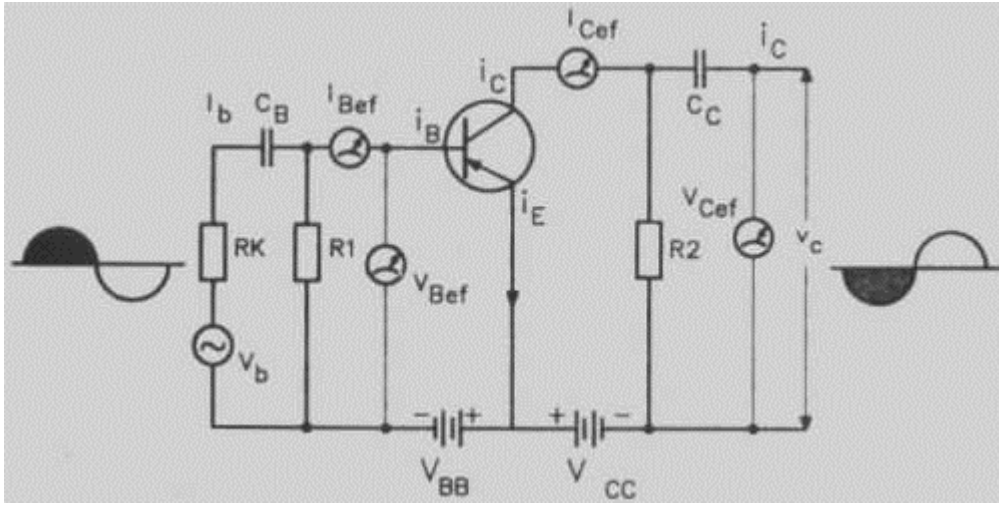
EOB statik güç kazancı: $K_p = 50^2 \cdot (10000/2000) = 2500 \cdot 5 = 12500$ olur.

Emiteri ortak yükselteç devresinin güç kazancı bir kaç bin civarındadır.

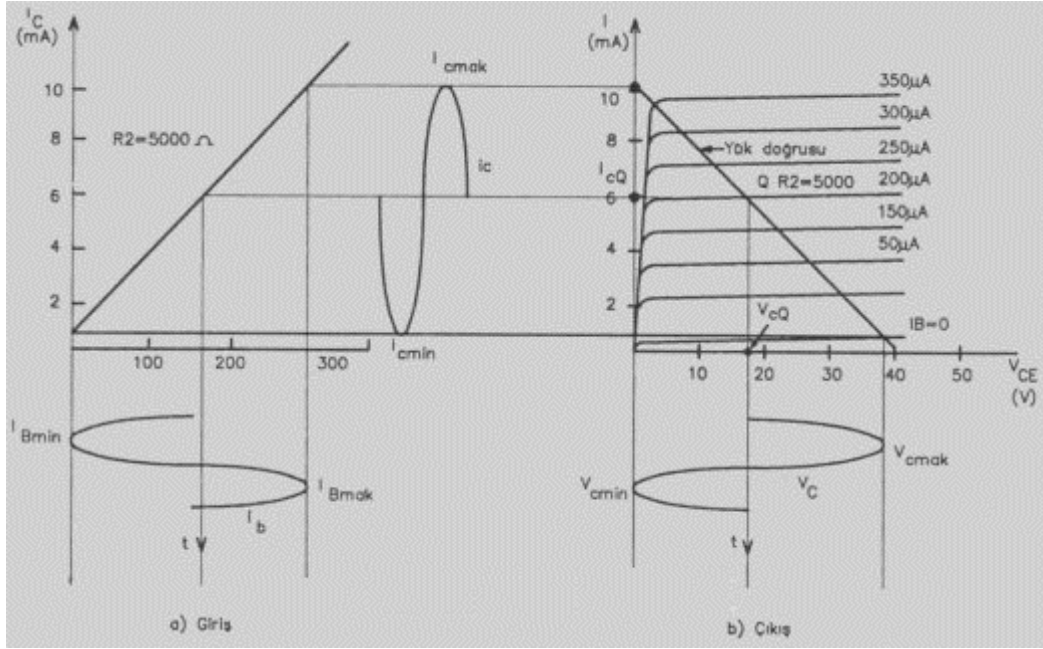
Yukarıdaki değerlerde görüldüğü gibi emiteri ortak bağlantıda akım ve güç kazançları oldukça büyük çıkmaktadır. Bu bakımdan emiteri ortak yükselteçler çok kullanılır.

Yükselteçlerin hem DC, hem de AC çalışmasında, çalışma şeklini belirleyen “Yük Doğrusu” ve “Çalışma Noktası” konusunun önemli bir yeri vardır.

➤ **Emiteri ortak bağlantının AC yük doğrusu**



Şekil 1.6: İşaret kaynağı uygulanmış emetörü ortak yükselteç



Şekil 1.7: Emiteri ortak yükseltecin dinamik karakteristiği ve distorsiyonu

Her AC yükseltecin, bir DC bir de AC yük doğrusu vardır. Bazı hallerde bu iki doğru üst üste gelir. Bazı hallerde de ayrılır.

- **DC ve AC yük doğrularının aynı doğru olması hali,**

Şekil 1.6'da görüldüğü gibi, kollektör direnci aynı zamanda yük direnci olarak kullanılmıştır. Hem DC hem de AC akım bu direnç üzerinden akmaktadır. Bu nedenle de DC ve AC yük doğrusu aynı doğru olur.

Şekil 1.6'ya ait giriş çıkış bağıntıları Şekil 1.7'de verilen karakteristik eğrisi ile açıklanmıştır. Şekilde görüldüğü gibi AC çalışmada da DC yük doğrusu kullanılmıştır.

- **AC ve DC yük doğrularının farklı olması hali:**

Şekil 1.8'de uygulamada çok rastlanan bir yükseltecin prensip şeması verilmiştir. Bu yükselteçte aşağıda açıklandığı gibi, DC ve AC yük doğruları farklıdır.

Şekil 1.8'de verilmiş olan yükselteç şu özelliklere sahiptir;

Polarılması tek VCC kaynağından yapılmaktadır. RC ve RL gibi iki çıkış direnci vardır. Çıkış işaret gerilimi, RL yük direnci üzerinden alınmaktadır. R1 ve R2 dirençleri ile beyz polarması sağlanmıştır. CB kondansatörü ile, DC akımın V_b işaret kaynağına geçmesi önlenmiştir. RE direnci ile negatif geri besleme yapılarak dengeli çalışma sağlanmaktadır. CB köprüleme (by pass) kondansatörü AC işaret akımı için kısa yol olmaktadır. Böylece RE

direnci üzerindeki AC enerji kaybı önlenmektedir. C kondansatörü DC akımın yük direncine geçmesini önlemektedir. Ortak nokta topraklanmıştır.

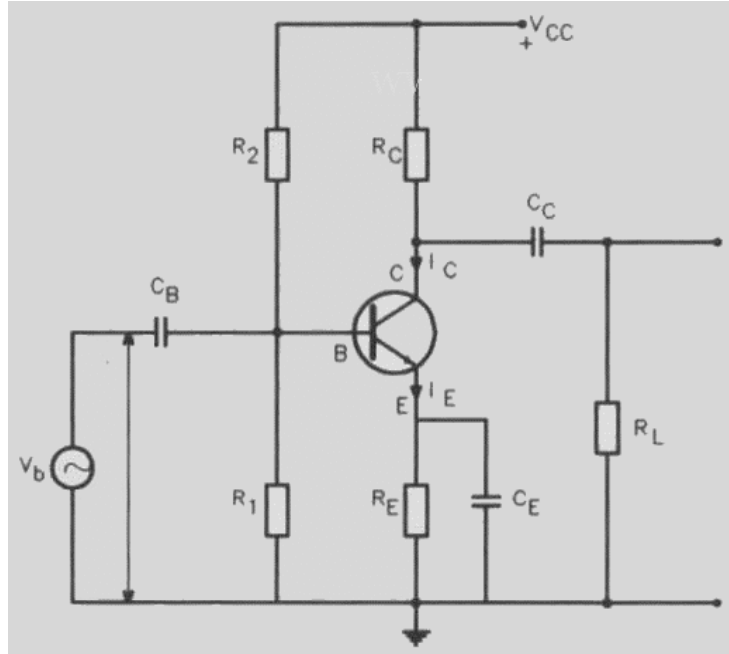
➤ Devrenin çalışması

Devre, polarma gerilimi nedeniyle, daha önceki statik çalışma konularında incelenmiş olduğu gibi, öncelikle bir DC yükselteç olarak çalışmaktadır. Ancak, girişe uygulanan AC işaret gerilimi de, DC gerilime bindirilmek suretiyle R_C ve R_L dirençleri üzerinden yükseltilmiş olarak alınmaktadır. Yükselteç bu yönden de bir AC yükselteçtir. AC çalışmada. V_{CC} ve C_C kısa devre olmakta ve R_C ile R_L paralel bağlı konumuna geçmektedir

Burada daha önce incelenmiş olan yükselteçlerin yapılarına göre iki önemli fark bulunmaktadır:

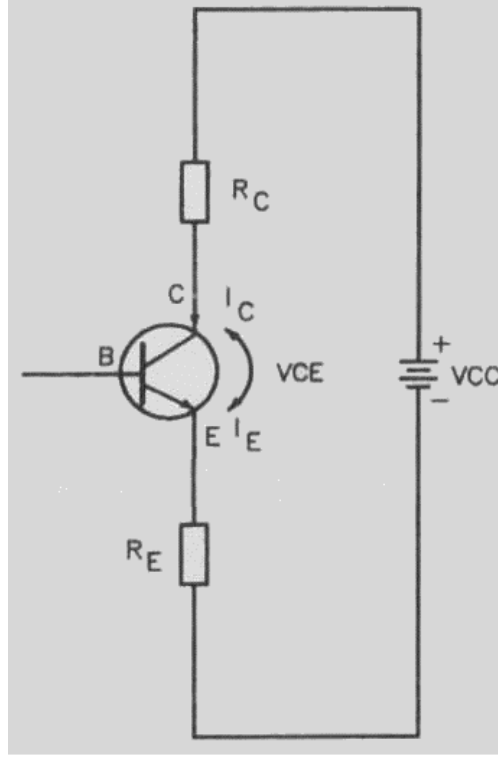
Birincisi C_E köprüleme (by pass) kondansatörü. İkincisi de C_C kondansatöründen sonra R_L yük direnci ilavesidir. Bu ilaveler nedeniyle DC ve AC akım yolları değişmektedir.

Şöyleki: C_E kondansatörü. AC akımda R_E direncini kısa devre etmektedir. C_C kondansatörü ise yalnızca AC akımın R_L yük direnci tarafına geçmesini sağlamaktadır. DC ve AC akım yollarının değişmesi nedeniyle DC ve AC yük doğruları şekil 1.12'de görüldüğü gibi ayrılmaktadır. Bu nedenle, burada DC ve AC yük doğrularının birlikte incelenmesi, konuya daha etkin bir yaklaşım sağlayacaktır.



Şekil 1.8: Uygulamada çok rastlanan bir yükselteç tipi

➤ **R_E , R_C ve R_L dirençli AC yükseltecin DC yük doğrusu**



Şekil 1.9 : DC çıkış devresi

Şekil 1.9'da verilen DC yük doğrusu ile ilgili devrede Kirchoff Kanunu'na göre

$$V_{CC} = I_C (R_C + R_E) + V_{CE} \text{ 'dir.}$$

Bu bağıntıya göre. Şekil 1.10 ve Şekil 1.12 'de gösterilen, DC yük doğrusunun, A ve B noktaları şöyle bulunur;

I_C eksenindeki B noktası:

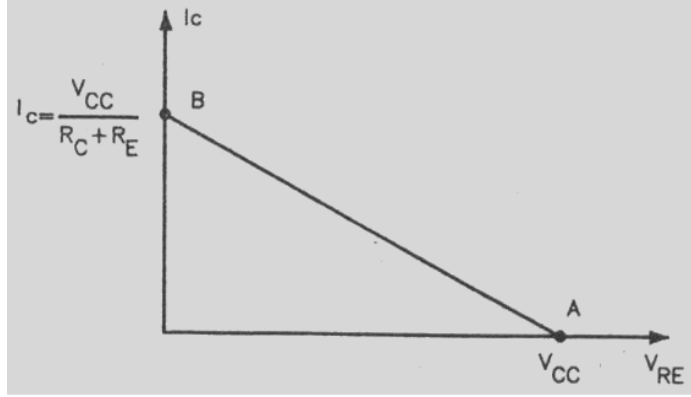
$$V_{CE} = 0 \text{ iken } I_C = I_{Cm} \text{ 'den yukarıdaki bağıntıya göre: } V_{CC} = I_{Cm} \cdot (R_C + R_E) \text{ olur.}$$

$$\text{Buradan; } I_{Cm} = (V_{CC} / (R_C + R_E)) \text{ dir.}$$

Bu değer B noktasını belirler. V_{CE} eksenindeki A noktası:

$$\text{Yukarıdaki bağıntıya göre; } I_C = 0 \text{ iken } V_{CE} = V_{CC} \text{ 'dir.}$$

V_{CC} değeri de A noktasını belirler



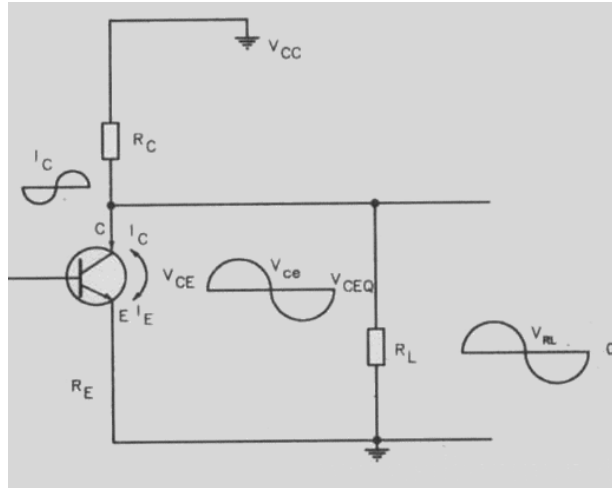
Şekil 1.10 : R_E , R_C , R_L dirençli emiteri ortak AC yükselteçte DC yük doğrusu

➤ **AC yük doğrusunun incelenmesi**

Önce, çıkışta AC akımın takip ettiği yolların bilinmesi gerekir.

C_S , C_E ve C_C kondansatörleri, çalışılan frekansta küçük empedans gösterecek şekilde seçilmiştir. Pratik hesaplamalarda, kondansatörlerin empedans değeri, AC akım için sıfır (0) kabul edilir. Yani, AC devrede kondansatörler kısa devre olur. Keza, V_{CE} gerilim kaynağının da iç direnci çok küçük olduğundan, AC'de bu da kısa devre olarak düşünülür. Şekil 1.1'de de görüldüğü gibi, transistörün C-E çıkışı ile R_C ve R_L dirençleri, AC akım için paralel hale gelmiş bulunmaktadır. Paralel R_C ve R_L dirençlerinin eşdeğerine R_{AC} diyelim:

$$R_{AC} = (R_C \cdot R_L / R_C + R_L) \text{ 'dir.}$$



Şekil 1.11: Şekil 1.8'de verilmiş olan yükseltecin çıkış devresi AC akım yolu.

AC yük doğrusunu çizebilmek için

Yük doğrusu, şekil 1.12'de de görüldüğü gibi AC çalışmadaki İcm maksimum kollektör akımının belirlediği nokta ile, V_{CEm} , maksimum kollektör-emiter gerilimin belirlediği noktayı birleştiren doğrudur.

I_{Cm} ve V_{CEm} şu şekilde bulunur:

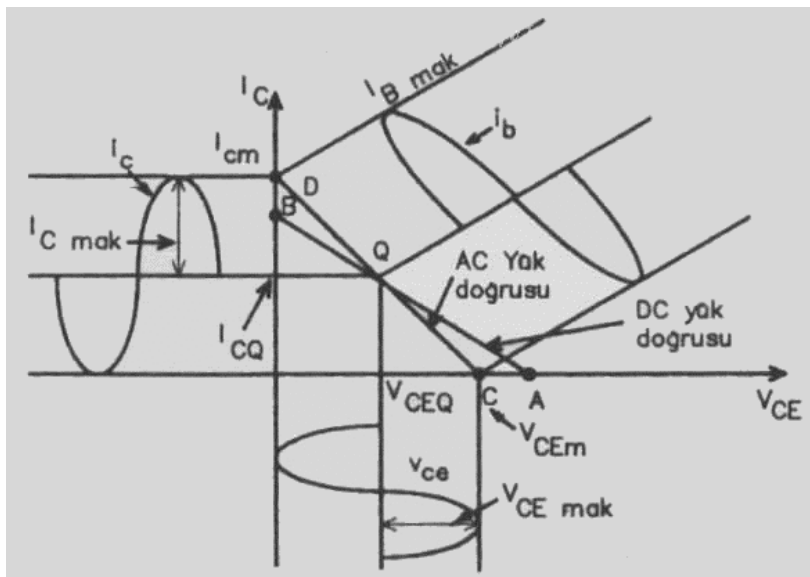
Şekil 1.12'den takip edilirse, AC gerilim ve akımın genlikleri. I_{Cmak} ve V_{CEmak} olduğuna göre;

$$I_{Cm} = I_{CQ} + I_{Cmak} \quad V_{CEm} = V_{CEQ} + V_{CEmak} \text{ tır.}$$

Kollektör çıkışına, AC ampermetre ve voltmeter bağlanırsa, AC akım ve gerilimin efektif değerleri okunur. Buradan I_{Cmak} ve V_{CEmak} hesaplanır. I_{CQ} ve V_{CEQ} 'nun çalışma noktasına ait değerlerdir. Q noktası DC ve AC yük doğrularında ortaktır.

Böylece I_{Cm} ve V_{Cem} hesaplanarak D ve C noktaları bulunur ve AC yük doğrusu çizilir.

Yukarıda belirtilmiş olan AC çalışmadaki R_{AC} çıkış direnci, DC çalışmadaki " $R_L + R_E$ " direncine göre daha küçük olduğundan: AC çalışmadaki I_{Cm} kollektör akımı, DC yük doğrusuna ait maksimum kollektör akımından daha büyüktür. Bu nedenle şekil 1.12'de de görüldüğü gibi, AC yük doğrusu, DC yük doğrusuna göre daha diktir.



Şekil 1.12: Şekil 1.8 'de verilmiş olan yükseltece ait DC ve AC yük doğruları ile maksimum çıkış veren AC akım ve gerilim bağıntıları.

➤ **Emiteri ortak bağlantının dc yük doğrusu**

Yük Doğrusu Nedir?

Buraya kadar yapılan incelemelerde, transistörün iki çeşit bağlantı hali dikkate alınmıştır:

- Kısa devre bağlantı hali: Bu durumda giriş ve çıkış dirençleri ile akım kazancı incelendi. Bunlar, tamamen transistörün yapısıyla ilgili olan, karakteristik değerlerdir. Ve transistörün tanınmasını sağlamaktadırlar.
- Bir yük direncinin bağlanması hali: Bu durumda da gerilim ve yük kazancı incelendi. Çıkışta yük direncinin bulunması halinde, çıkış akımı ile çıkış gerilimi arasındaki bağıntı, bir doğru boyunca değişmektedir. Bu doğrunun durumunu yük direnci belirlediğinden “Yük Doğrusu” adı verilmiştir.

Çalışma Noktası Nedir?

Yük doğrusu üzerinde bulunan ve hangi DC çıkış akımı ve gerilimi ile çalışıldığını gösteren noktadır. Genellikle Q harfi ile gösterilir.

➤ **DC yük doğrusu**

Yük doğrusu üç temel yükselteç içinde aynı şekilde tanımlanır. Ancak, DC ve AC çalışmada farklıdır. Burada Emiteri Ortak Yükselteç’te önce DC, sonra da dinamik karakteristikler bölümünde AC yük doğrusu incelenecektir.

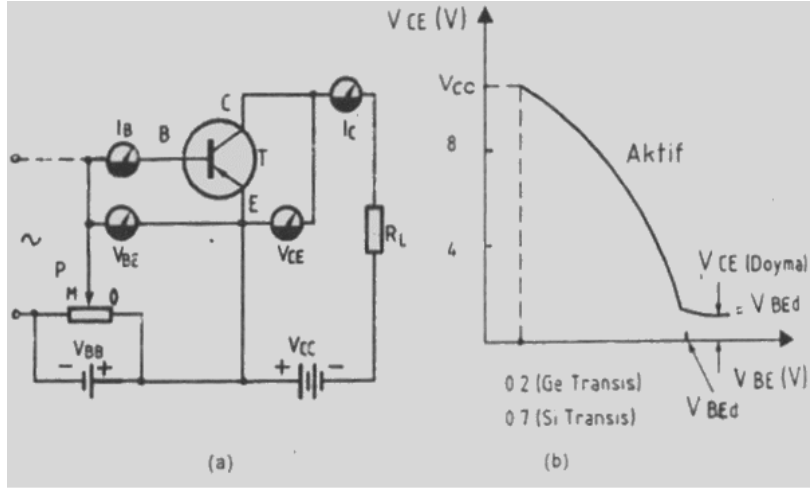
Şekil 1.13 (a)'da görüldüğü gibi, V_{BB} ve V_{CC} gerilim kaynakları, giriş ve çıkış için gerekli polarizasyon gerilimini sağlamaktadır.

Giriş gerilimi (V_{BE}) ve dolayısıyla da giriş akımı (I_B), P potansiyometresi ile değiştirilir. Bu değişim V_{BE} voltmetresi ve I_B ampermetresi ile takip edilir.

Girişteki değişime bağlı olarak, çıkıştaki kollektör akımı (I_C) ve dolayısıyla da kollektör gerilimi V_{CE} değişir.

V_{CE} 'nin değişimi, Kirchhoff (Kirşof) Bağıntı'sına göre gerçekleşir.

Bu bağıntı şöyle ifade edilir: $V_{CE} = V_{CC} - I_C * R_L$



Şekil 1.13 : Yük direnci DC çalışmada giriş ve çıkış gerilim ve akımları arasındaki bağıntının incelenmesi a) İnceleme devresi, b) V_{CE} gerilimin V_{BE} ' ye göre değişimi

➤ **V_{CE} ve I_C değişim sınırlarının belirlenmesi**

Şekil 1.13 (a)'dan takip edilirse şöyle iki deney yapmak mümkündür.

V_{CE} nin sınır değerinin belirlenmesi:

P potansiyometresi en sağa (0 konumuna) alındığında

Transistöre hiç bir gerilim uygulanmayacaktır. Yani, $V_{BE} = 0$, $I_B = 0$ 'dır.

Bu durumda çıkış akımı da $I_C = 0$ olur.

$I_C = 0$ iken, R_L direnci üzerinden herhangi bir gerilim düşümü olmayacağından $V_{CE} = V_{CC}$ olur.

Diğer bir ifadeyle

$V_{CE} = V_{CC} - I_C \cdot R_L$ bağıntısında, $I_C = 0$ konulursa; $V_{CE} = V_{CC}$ olur.

I_C nin sınır değerinin belirlenmesi ve Transistörün Doyması P potansiyometresi, V_{BE} gerilimini ve dolayısıyla da I_B ve I_C akımları büyütecek şekilde sola doğru kaydırılsın;

I_B büyüdükçe I_C akımı büyüyecek, dolayısıyla da R_L direnci üzerindeki gerilim düşümü artacaktır. Belirli bir I_C kollektör akımına ulaşıncaya $I_C \cdot R_L = V_{CC}$ olur.

Bu durumda, $V_{CE} = 0$ olur. (Gerçekte, V_{CE} tam "0" olmaz. Bkz. şekil 1.14)

Bu evreden sonra I_B büyütülmeye devam edilirse de, artık I_C daha fazla büyümeyecektir ve I_{Cm} gibi bir maksimum değerde kalır.

Olayı tanımlamak için, "Transistör doydu," denir. Bu andaki I_{Cm} kollektör akımına da I_{Cd} doyma akımı denir.

- Şekil 1.14'te, transistörün kısa devre çalışmadaki "VCE, IC" karakteristik eğrileri, yük doğrusu ve Q çalışma noktası gösterimiştir. Şekilde de görüldüğü gibi, transistör kısa devre çalışırken: VCE geriliminin, IC akımına dikkate alınabilecek etkisi olmamaktadır.

I_C akımı yalnızca, $I_C = \beta I_B$ bağıntısı ile I_B 'ye bağlı olmaktadır. Ancak, V_{CC} ve I_C 'nin, transistör katalogunda verilen, V_{Cmak} ve I_{Cmak} limit değerini geçmemsi gerekir.

R_L yük direnci bağlandığında ise

$I_{Cd} = I_{Cm} = V_{CC} / R_L$ olmakta ve bu değerden sonra I_B 'nin etkisi bulunmamaktadır. Görüldüğü gibi, burada, V_{CC} ve R_L 'nin seçimi büyük önem taşımaktadır. V_{CC} ve R_L öyle seçilmelidir ki, $I_{Cm} = V_{CC} / R_L$ değeri transistör firmasının verilen, kollektör akımı limitini (I_{Cmax}) geçmemelidir. Geçerse, transistör ısınarak tahrip olur.

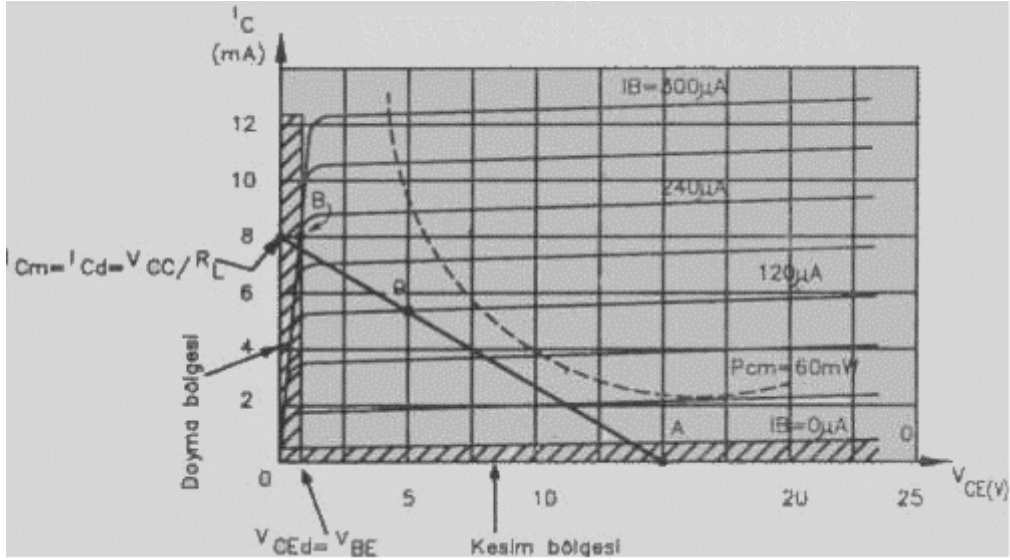
- Gerek Şekil 1.13 (b)'de gereksede şekil 1.14'de de görüldüğü gibi doyma anında VCE gerilimi, gerçekte tam olarak 0 olmaz. "VCEd" gibi çok küçük bir değere sahiptir. Bu anda, $V_{CEd} = V_{BE}$ olur.
- Şekil 1.14'den takip edilirse:

V_{CEd} noktasından çıkılan dik, $I_B = 240 \mu A$ eğrisini, tam dönüm noktası olan B noktasında kesmektedir. Bu da transistörün $I_B = 240 \mu A$ de doyma haline geldiğini göstermektedir. B noktasma ait I_C akımı " I_{Cd} " doyma akımı olmaktadır. Pratik hayatta: $V_{CEd} = 0$ kabul edilir. B noktası da, I_C ekseni üzerindeymiş gibi düşünülür ve $I_{Cd} = I_{Cm}$ olarak alınır.

Sonuç olarak, "Doyma" halinde çıkış devresi bağıntısı şöyle olacaktır:

$$V_{CE} = 0 = V_{CC} - I_{Cd} \cdot R_L \text{ veya } 0 = V_{CC} - I_{Cm} \cdot R_L \text{ buradan.}$$

$$I_{Cm} = I_{Cd} = V_{CC} / R_L \text{ olur.}$$



Şekil 1.14: Yük doğrusu, Q çalışma noktası ve PCm maksimum güç eğrisi

➤ Yük doğrusunun çizimi

Yukandaki hesaplamalardan iki önemli sonuç çıkmaktadır: Şekil 1.14'teki gibi çıkışında bir R_L yük direnci bulunan yükselteçte;

- Çalışmazken yani $I_C = 0$ iken, $V_{CE} = V_{CC}$ olmaktadır.
- Doyma da yani $V_{CE} = 0$ iken $I_{Cm} = I_{Cd} = V_{CC} / R_L$ olmaktadır.

Şekil 1.14' te de görüldüğü gibi, V_{CC} noktası ile I_{Cm} noktasını birleştiren doğruya “Yük Doğrusu” denmektedir. Giriş beyz akımı (I_B) değiştirildikçe, buna bağlı olarak çıkış kollektör akımı (I_C) ve Kollektör - Emiter Gerilimi (V_{CE}) yük doğrusu üzerinde kalacak şekilde değişir. Yukarıdaki bağıntılardan: $1 / R_L = I_{Cm} / V_{CC}$ yük doğrusunun eğimidir. Çıkış değerlerinin hesaplanmasında yük doğrusu önemli rol oynamaktadır.

Örnek:

Bir transistörün kataloğunda yük doğrusu verilmiş ise, R_L yük direncini bulmak mümkündür. Şekil 1.15'te görüldüğü gibi, yük doğrusu, I_C eksenini, $I_{Cm} = 8$ mA noktasında V_{CE} eksenini de $V_{CC} = 15$ V noktasında kesmiştir $I_{Cm} = 8$ mA = 0,008 A noktasında $V_{CE} = 0$ olduğuna göre bağıntısında gerekli değerler yerlerine konursa

$$0 = 15 - 0,008 \cdot R_L \text{ 'den } R_L = 15 / 0.008 = 1875 \text{ ohm olarak bulunur.}$$

➤ Bir AC yükselteçte hesaplar nasıl yapılır?

AC yükseltecin çalışmasında şu işlemler olmaktadır:
Dinamik çalışmada etken olan değişken işaret gerilimi ve akımıdır.
Bu nedenle AC yükselteçlerde hesaplamalar "AC" değerler ile yapılır.

Hesaplamalarda efektif veya maksimum değerler kullanılır.

AC yükselteçteki DC polarma değerleri ise çalışma noktasını belirlemektedir. Örneğin, şekil 1.12'de görülen "Q" noktası gibi.

AC değerler, Q çalışma noktasına ait DC değeri, büyültüp küçültür. Örneğin, " V_{CQ} " DC gerilimi, V_C 'nin genliği kadar, V_{Cmak} ile V_{Cmin} arasında değişmektedir.

AC yükselteçte de şu karakteristik değerlerin bilinmesi gerekir:

- giriş direnci
- çıkış direnci
- akım kazancı
- gerilim kazancı
- güç kazancı

Bu değerlerin hesaplanabilmesi için şu üç yöntem de uygulanabilmektedir:

➤ **Ölçme yöntemi**

Şekil 1.16'da benzer şekilde giriş ve çıkışa bağlanan AC ölçü aletlerinden okunan Efektif (etkin) Değerler 'den yararlanılır.

➤ **Karakteristik eğrilerinden yararlanma yöntemi**

Üretici firmalar tarafından verilen veya laboratuarda çıkarılan karakteristik eğrilerinden yararlanılır. Giriş ve çıkışa ait AC akım ve gerilimler tam sinüzoidal ise efektif ve dolayısıyla da maksimum - minimum değerler kullanılır. Akım ve gerilim tam sinüzoidal değilse, ortalama değerler kullanılır.

➤ **Verilmiş bir devredeki değerlerden yararlanma yöntemi**

Özellikle gerilim ve güç kazancı hesabında uygulanan, girişteki devrenin çıkış direnci ile yük direnci ve akım kazancından yararlanma yöntemidir. 1. ve 3. yöntemlerdeki hesaplamalar statik karakteristikler incelenirken yapılan hesaplamaların bir benzeridir

➤ **Transistörün yükselteç olarak çalıştırılması**

Yükselteç olarak çalıştırılan bir transistörden, şu üç işlemin gerçekleştirilmesinde yararlanılır:

- Akım kazancını sağlamak
- Gerilim kazancını sağlamak
- Güç kazancını sağlamak

Buradaki kazancın anlamı şöyledir:

Transistör girişine verilen akım, gerilim veya gücün çıkıştan daha büyük değerlerde elde edilmesidir. Bunu sağlamak için de belirli devrelerin oluşturulması gerekir.

Kazancın sayısal değerin bulunması da çıkıştaki akım, gerilim ve güç değerlerinin, girişteki akım, gerilim ve güç değerlerine oranlanması suretiyle elde edilir.

Karakteristik eğrileri, transistörün üreticileri tarafından hazırlanan tanıtım kitaplarında (katalog) verilir.

Transistör, hem DC hem de AC yükselteç olarak çalışabilir. Bu nedenle, transistörü gereği gibi inceleyebilmek için, ayrı ayrı DC ve AC'deki çalışma hallerinin incelenmesi gerekir.

DC çalışmada girişteki ve çıkıştaki akım ve gerilim değerleri arasındaki bağıntılara statik karakteristikleri,

AC çalışmadaki akım ve gerilim bağıntılarına da “Dinamik Karakteristikleri” denir.

Transistör yükselteç olarak şu üç bağıntı şeklinde çalıştırılabilmektedir.

- Emiteri ortak bağlantılı yükselteç
- Beyzi ortak bağlantılı yükselteç
- Kollektörü ortak bağlantılı yükselteç

Ortak bağlantı deyimi, girişte ve çıkışta ortak olan uç (elektrot) anlamında kullanılmıştır.

➤ **Transistörün dc yükselteç olarak çalıştırılması**

Yükselteç olarak çalıştırılan bir transistörden, şu üç işlemin gerçekleştirilmesinde yararlanılır:

- Akım kazancını sağlamak
- Gerilim kazancını sağlamak
- Güç kazancını sağlamak

Buradaki kazancın anlamı şöyledir:

Transistör girişine verilen akım, gerilim veya gücün çıkıştan daha büyük değerlerde elde edilmesidir.

Bunu sağlamak için de belirli devrelerin oluşturulması gerekir.

Kazancın sayısal değerin bulunması da, çıkıştaki akım, gerilim ve güç değerlerinin, girişteki akım, gerilim ve güç değerlerine oranlanması suretiyle elde edilir.

Karakteristik eğrileri, transistörün üreticileri tarafından hazırlanan tanıtım kitaplarında (katalog) verilir.

Transistör, hem DC hem de AC yükselteç olarak çalışabilir. Bu nedenle, transistörü gereği gibi inceleyebilmek için, ayrı ayrı DC ve AC'deki çalışma hallerinin incelenmesi gerekir.

DC çalışmada girişteki ve çıkıştaki akım ve gerilim değerleri arasındaki bağıntılara Statik Karakteristikleri,

AC çalışmadaki akım ve gerilim bağıntılarına da “Dinamik Karakteristikleri” denir.

Transistör yükselteç olarak şu üç bağıntı şeklinde çalıştırılabilmektedir.

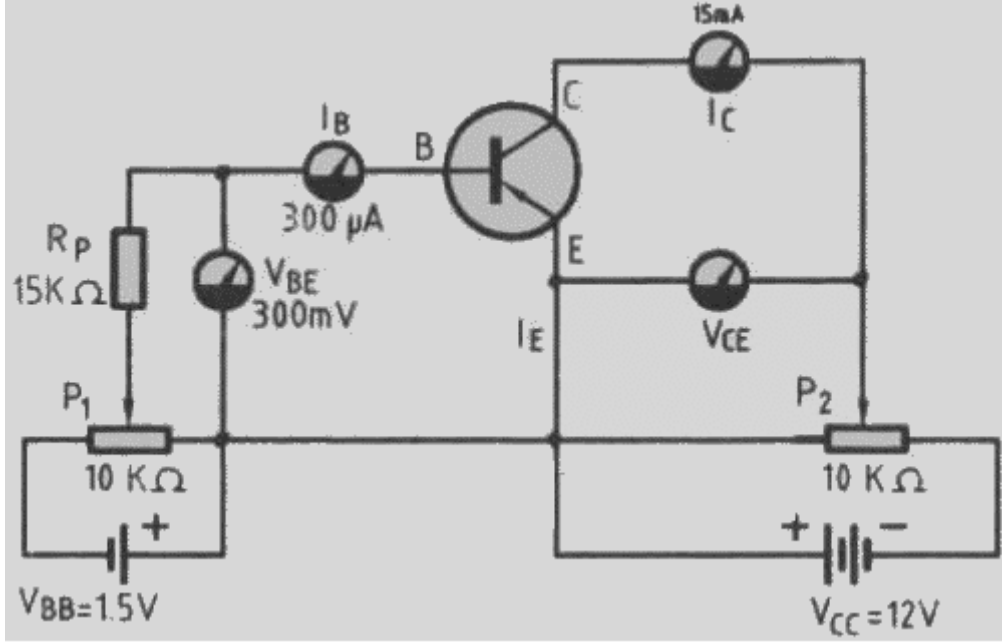
- Emiteri ortak bağlantılı yükselteç
- Beyzi ortak bağlantılı yükselteç
- Kollektörü ortak bağlantılı yükselteç

Ortak bağlantı deyimi, girişte ve çıkışta ortak olan uç (elektrot) anlamında kullanılmıştır.

➤ **Transistörün DC yükselteç olarak çalıştırılması**

Şekil 1.16'da emiteri ortak bağlantılı bir DC yükselteç devresi verilmiştir. Bu yükselteç devresi ile transistörün statik karakteristikleri incelenmektedir.

Statik karakteristikleri incelerken yukarıda da belirtildiği gibi giriş ve çıkıştaki DC akım ve gerilim değerlerinden yararlanılır.



Şekil 1.16: Transistörün statik karakteristiklerini tanımlamak üzere kurulan yükselteç devresi

Girişteki akım ve gerilimdeki değişimler girişe seri bağlanan mikro ampermetre (μA) ve paralel bağlanan küçük değerler ölçebilen voltmetre (mV) ve çıkıştaki değişimler de, çıkışa bağlanan mili ampermetre ve normal bir voltmetre ile ölçülür.

Şekil 1.16'ya dikkat edilirse, transistör çıkışında başka bir eleman bulunmaksızın yapılan DC ölçümlerdir.

Uygulanan bu tür ölçme yöntemi ile hesaplanan statik karakteristik değerlerine ve çizilen eğrilere Kısadevre Karakteristikleri 'de denir.

Şekil 1.16'daki ölçü aletleri ile şu değerler ölçülmektedir:

Girişe ait
 Beyz akımı I_B
 Beyz - emiter arası gerilim V_{BE}

Çıkışa ait
 Kollektör akımı I_C
 Kollektör - Emiter arası gerilim V_{CE}

Ölçülen bu değerler ile şu karakteristik değerler hesaplanmaktadır:

Akım kazancı: $K_I(\beta) = I_C/I_B$

Giriş direnci: $R_g = V_{BE}/I_B$

Çıkış direnci: $R_C = V_{CE}/I_C$

Eğim: $S = \Delta I_C/\Delta V_{BE}$

Transfer oranı: $\mu = V_{BE}/V_{CE}$ (%0,01-0,001) dir.

Buradan ilk üçlü, " K_I , R_g ve R_C " her transistör için her devrede bilinmesi gereken karakteristik değerlerdir.

Son iki " S ve μ " değerleri ise transistör üzerinde daha derinlemesine çalışma yapılması gerektiğinde, ihtiyaç duyulan değerlerdir.

Bölge karakteristik eğrisi: (V_{CE} , I_C)

- Bölge karakteristik eğrisi: (I_B , I_C)
- Bölge karakteristik eğrisi: (V_{BE} , I_B)
- Bölge karakteristik eğrisi: (V_{BE} , V_{CE})

Bu karakteristik eğrilerinin değişik noktalarındaki, küçük değişim (Δ) değerleri ile yapılacak olan hesaplamalar K_I , R_g ve R_C değerleri, hakkında daha doğru bilgi verir.

Şöyle ki

$K_I(\beta) = \Delta I_C/\Delta I_B$ bağıntısı, karakteristik eğrisi doğrusal olduğundan her noktada aynı değeri verir.

$R_g = \Delta V_{BE}/\Delta I_B$ bağıntısı, eğrisel olan karakteristik eğrisinin farklı noktalarında farklı değerler verir, en iyi noktayı seçmek gerekir.

Karakteristik eğrisinden de anlaşılmaktadır ki, I_B beyz akımı büyüdükçe transistörün R_g giriş direnci küçülmektedir.

$R_C = R_{CE} = \Delta V_{CE}/\Delta I_C$ bağıntısı da, I_C büyüdükçe daha küçük R_C verir.

Görülmektedir ki, DC yükselteç devresinde ölçülen değerler ile elde edilen sonuçlar, transistör hakkında önemli bilgi vermektedir.

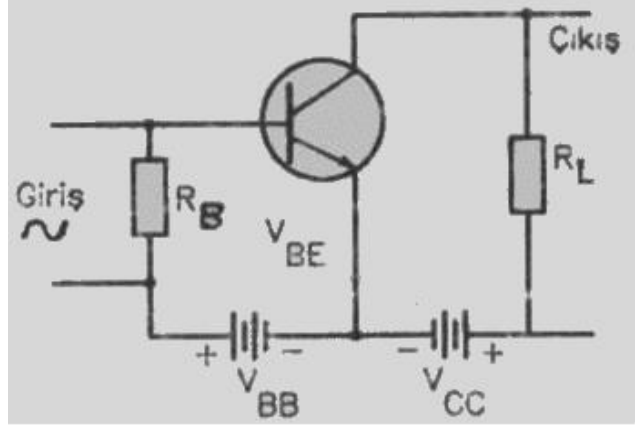
➤ Transistörün gerilim ve güç kazançlarını bulmak için

Şekil 1.17'de görüldüğü gibi, giriş devresine paralel olarak bir R_B direnci, çıkış devresine de yine paralel bir R_L yük direnci bağlanır. Bunların üzerinde oluşan gerilim düşümlerinin ve sarf olan güçlerin oranı gerilim ve güç kazancını verir.

Gerilim kazancı: $K_V = V_{RL}/V_{RB}$

Güç kazancı: $K_P = P_{RL}/P_{RB} = I_C \cdot V_{RL}/I_B \cdot V_{RB} = \beta \cdot K_V$

Görüldüğü gibi güç kazancı ile gerilim kazancının çarpımına eşit olmaktadır.



Şekil 1.17: Girişe RB direnci çıkışada RL yük direnci bağlanan DC ve AC yükselteç

➤ Transistörün ac yükselteç olarak çalıştırılması

Transistör şekil 1.17' de görüldüğü gibi girişine AC işaret gerilimi uygulandığında da AC yükselteç olarak çalışır.

AC yükselteçler de iki ana gruba ayrılır:

Ses frekansı yükselteçleri

Yüksek frekans (Radyo frekansı) yükselteçleri

Yüksek frekans yükselteçleri özel yapılı yükselteçlerdir.

AC yükselteç olarak inceleme konusu, günlük hayatta daha çok karşılaşılan ses frekansı yükselteçleridir.

AC işaret gerilimi, genelde sinüzoidal olarak değişen bir gerilim olarak düşünülür. Bu gerilim, girişteki ve çıkıştaki DC polarma gerilimini büyültüp küçültür sinüzoidal olarak değişmesini sağlar.

AC çalışmada, yalnızca AC değerler önemli olduğundan, giriş ve çıkışta ampermetre ve voltmetre olarak AC ölçü aletleri kullanılır. AC ölçü aletleri efektif değer ölçtüğünden gerekli hesaplamalarda efektif değerler ile yapılır.

Örneğin,

Akım kazancı: $K_{IAC}(\beta_{AC}) = I_{CEf}/I_{BEf}$

Gerilim kazancı: $K_{VAC} = V_{CEf}/V_{BEf} = (I_{CEf}/I_{BEf}) \cdot (R_L/R_B) = \beta_{AC} \cdot R_L/R_B$

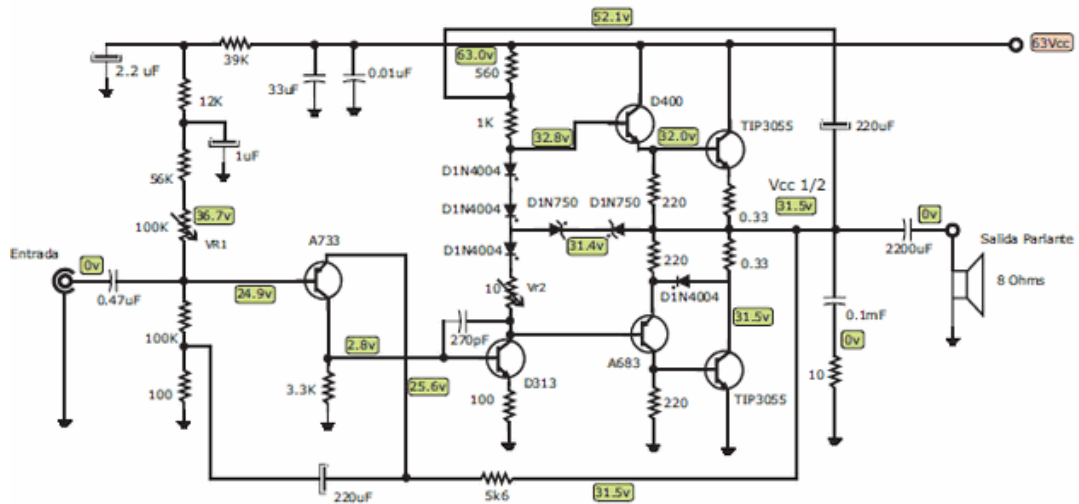
Güç kazancı: $K_{PAC} = \beta_{AC} \cdot K_{VAC}$ şeklinde ifade edilirler.

Alçak frekans (ses frekansı) yükselteçlerinde: $\beta_{DC} = \beta_{AC}$ olarak alınır.

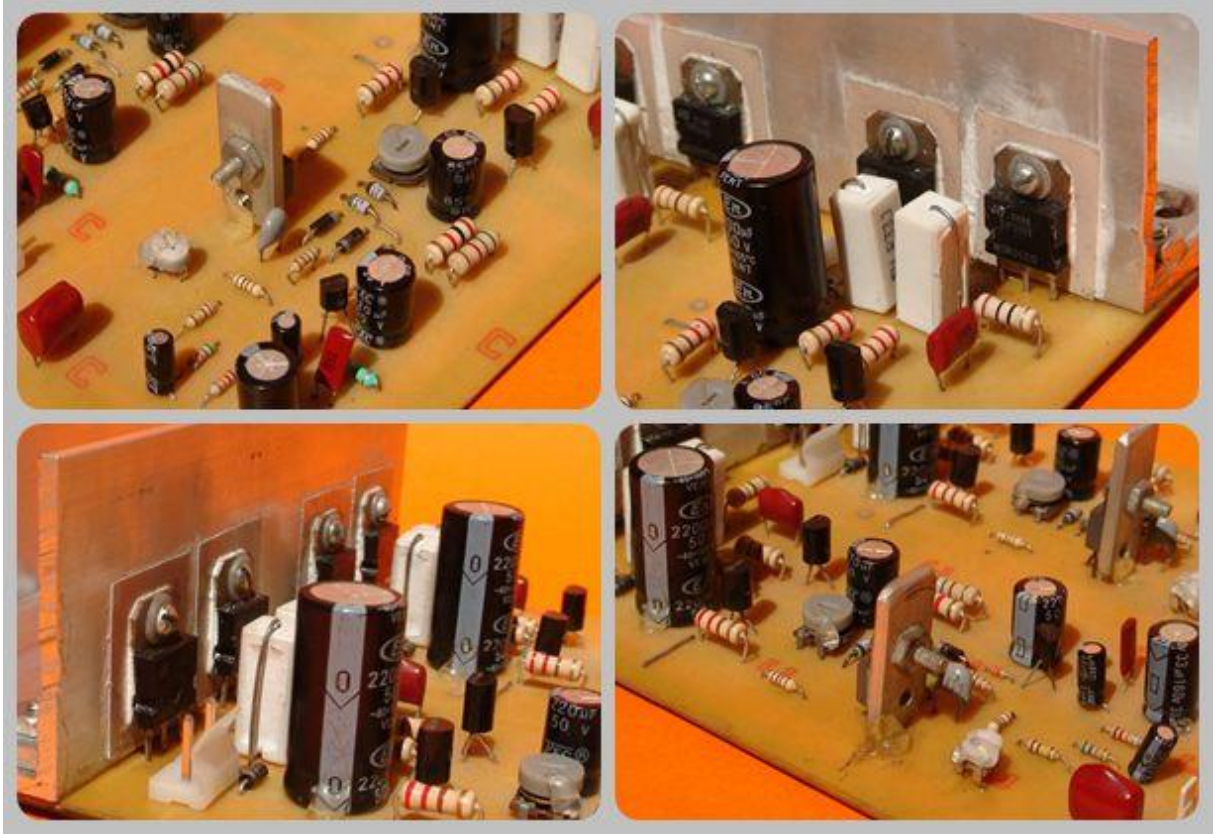
NOT:

Şekil 1.16 ve Şekil 1.17'de verilmiş olan devreler deney ve bilgi edinme devreleri olduğu için, anlatım kolaylığı bakımından iki besleme kaynağı kullanılmıştır. Uygulamada ise tek besleme kaynağı kullanılır.

Örnek: Bjt li 10w ses yükselteci



Şekil 1.18: Bjt li 10w ses yükselteci



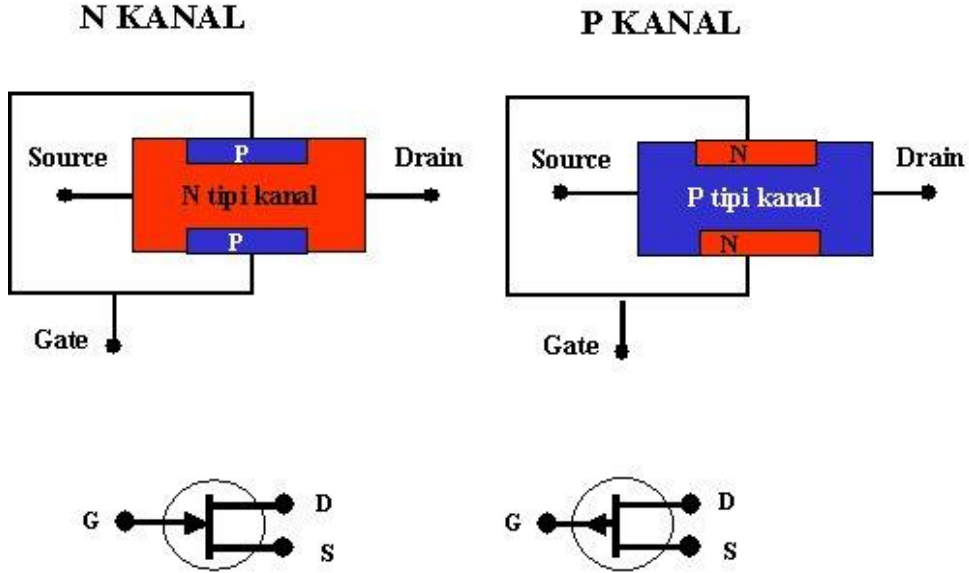
Resim 1.1: Fet ile yapılan ortak emiterli amplifikatör

1.1.1.2. Fet ile Yapılan Ortak Emiterli Amplifikatör

FET transistörlerin kullanılması için ilk öneriler 1955’li yıllara dayanmaktadır. Fakat o zamanki üretim teknolojileri bilim adamlarının kafalarında oluşanları üretime yansıtacak kadar yeterli değildi. Bu nedenle FET transistörlerin yapımları ve kullanımları daha sonralara kaldı.

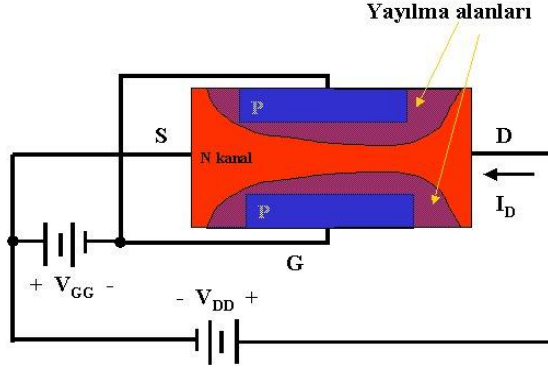
FET transistörler iki farklı ana grupta üretilmektedir. Bunlardan birincisi JFET (junction field effect transistör) ya da kısaca bilinene adı ile FET, ikincisi ise MOSFET (metal oxide silicon field effect transistör) ya da daha az bilinen adı ile IGFET (isolated gate field effect transistör).

Transistör ya da BJT transistör iki taşıyıcı grubu ile çalışmakta idi. Örneğin, NPN bir transistörün emitöründen giren elektronlar emitör içinde çoğunluk taşıyıcısı olmaktadır. Sonra P tipi beyz içinden geçerken azınlık taşıyıcısı olmakta, en son N tipi kollektörden geçerken tekrar çoğunluk taşıyıcısı olmaktadır. FET içinde ise elektronlar sadece N tipi ya da P tipi madde içinden geçmektedir. Sadece çoğunluk taşıyıcıları ile çalışmaktadır. Bu nedenle yapısal farklılığı vardır. Ayrıca en önemli kullanım özelliklerinden biride giriş dirençleri çok yüksektir. Bu nedenle bağlandıkları devreleri yüklemeyiz. Az gürültü ürettikleri için giriş devreleri için tercih edilirler. İki tip FET’i ayrı ayrı inceleyelim.



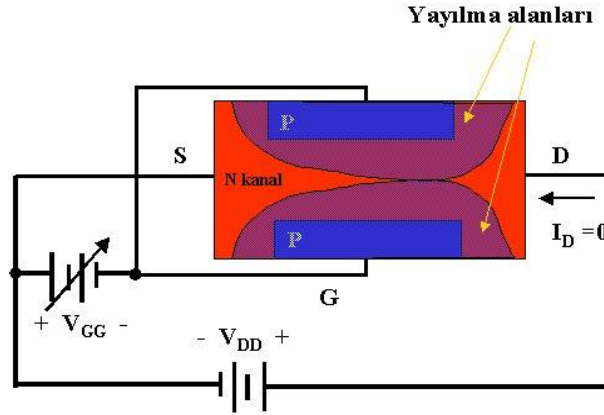
Şekil 1.19: Fet transistörün içyapısı ve sembolleri

Biz burada verilen bilgilerde sadece N kanal JFET'i kullanacağız. P kanal JFET, N kanal JFET'in çalışması ile aynı olup beslemelerin polariteleri ile N ve P maddelerin yerleri değişmektedir. Ortadaki N maddesinin bir ucu D (drain - akaç) diğer ucu ise S (source kaynak) olarak adlandırılır. Ortadaki bu parça aynı zamanda kanal channel olarak adlandırılır. Kanalın alt üst kısımlarındaki P tipi parçalar birleştirilmiş olup G (gate kapı) olarak adlandırılır. Şekil 1.19'da VDD kaynağının negatif ucu source ucuna, pozitif ucu drain ucuna bağlanmıştır. Bu nedenle akacak olan I_D akımı drain den source ye doğrudur. VGG kaynağının eksi ucu P maddesinden yapılmış olan gate ye, artı ucu ise source ye bağlanmıştır. Yani gate ve kanal ters polarmalanmıştır. Bu sebepten gate akımı $I_G = 0$ olacaktır. Şimdi VGG voltajının 0V olduğunu düşünelim. O zaman VDD voltajının oluşturduğu akım I_D , drainden source ye doğru ve maksimum olarak akacaktır. I_D akımını sınırlayan sadece kanalın kesitidir. Bu kesit yada hacim de kadar büyük olursa I_D akımı da o kadar büyük olarak akacaktır. Şimdi VGG voltajını biraz pozitif olarak arttıralım. O zaman P maddesinden yapılmış gate ile N maddesinden yapılmış olan kanal ters polarmalanacaktır. P maddesindeki boşluklar VGG kaynağından gelen elektronlarla doldurularak gate etrafında (p maddesi etrafında) bir yayılma alanı yaratacaktır.

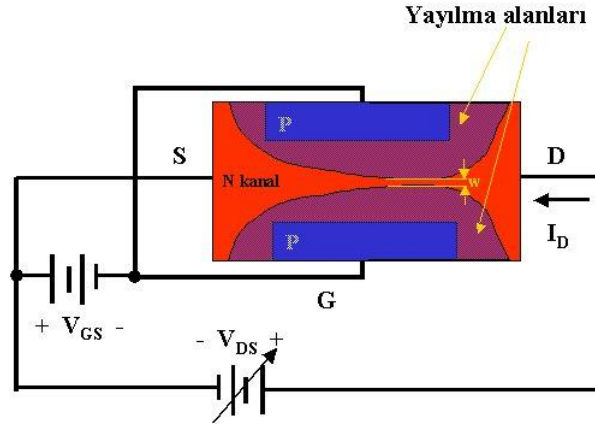


Şekil 1.20: Fet transistörün V GG kaynağına ters bağlantı şeması

Gate ile source arasında sadece VGG voltaj kaynağı olduğu için gate source arasında sadece VGG'nin yarattığı ters polarizasyon, gate ile drain arasında VGG + VDD kaynağı olduğu için source - drain arasındaki ters polarizasyon VGG + VDD kadar olacaktır. Bu sebepten yayılmanın profili source tarafında daha az, drain tarafında daha fazla olacaktır. Bu yayılma kanalı daralttığı için ID akımı azalacaktır. VGG voltajını daha da arttırsak alan iyice yayılarak bütün kanalı kapatır ve ID akımı sıfır olur. ID akımını sıfır yapan VGG voltajına Pinchoff Voltajı V_p denir.



Şekil 1.21: Fet transistörün ayarlı VGG kaynağına ters bağlantı şeması

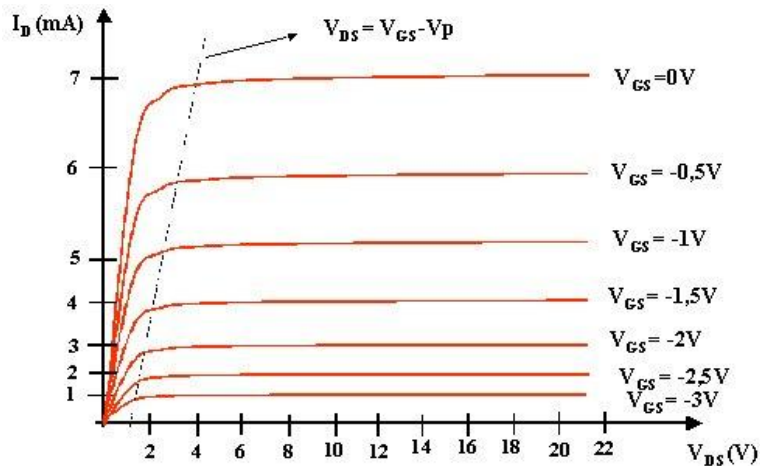


Şekil 1.22:Fet transistörün ayarlı VGS ve ayarlı VDS kaynağına bağlantı şeması

Şekil 1.22’de VGS voltajını V_p voltajının biraz altında sabit tutalım. VDS voltajını sıfırdan itibaren yavaşça arttıralım. Bu durumda kanal bir miktar açık olduğu için I_D akımı sıfırdan itibaren biraz yükselecektir. VDS voltajını arttırdığımızda I_D akımı da doğrusal olarak artacaktır. Bu durum yani I_D akımının doğrusal olarak artması VDS voltajının, VGS ile V_p nin farkına eşit olduğu ($V_{DS} = V_{GS} - V_p$) değere kadar devam eder. VD voltajı daha da arttırılırsa ($V_{DS} \geq V_{GS} - V_p$) kanal genişliği VDS voltajına bağlı olarak ve aynı oranda daralır ya da bu kritik değerden sonra kanal direnci VDS voltajı ile aynı oranda artar. Sonuçta VDS voltajı bu kritik değerden sonra ne kadar arttırılırsa arttırılsın I_D akımı sabit kalır ve I_D akımı VGS voltajı ile kontrol edilir. Eğer VGS voltajını sıfır yaparsak, VDS voltajı V_p değerine kadar yükseltirsek kanal genişliği minimum değerine ulaşır. Bu durumdaki I_D akımına doyum akımı ya da I_{DSS} akımı denir. I_{DSS} ile I_D akımı arasındaki bağıntı:

$$I_D = I_{DSS} (1 - (V_{GS} / V_p)^2)$$

Bu durumu özetlemek gerekirse



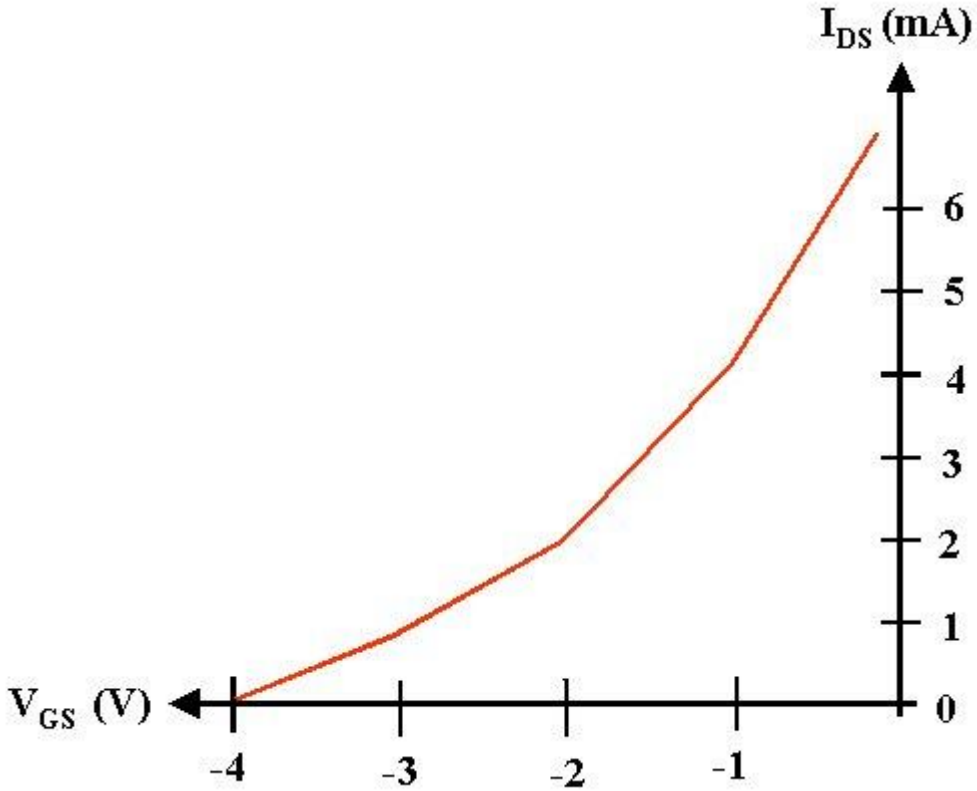
Şekil 1.23: Fet transistörün ayarlı VGS ve ayarlı VDS kaynağına bağlantı karakteristik şeması

Buradaki birinci bölge “Sabit Direnç” bölgesi olarak tanımlanır. Bu bölgede VDS değeri küçüktür. Bu çalışma durumunda “Kanal Direnci” gate ye uygulanan “Ters Bayas Voltajı” ile kontrol edilir. Bu uygulamalarda JFET “Voltaj Kontrollü Direnç” olarak çalışır.

İkinci bölge “Sabit Akım” bölgesi olarak tanımlanır. Bu bölgede VDS değeri büyüktür. ID akımı gate voltajına bağlı olarak değişir, VDS değerinden bağımsızdır. Sabit akım bölgesi BJT transistörün CE bağlantısına benzer. Aralarında tek fark vardır. BJT Transistörde IC akımı Ib Akımı’nın fonksiyonudur. JFET Transistörde ID akımı gate ye uygulanan voltajın fonksiyonudur.

JFET in ID akımını veren formül
$$I_D = I_{DSS} (1 - (V_{GS} / V_p)^2)$$

Olarak vermiştik. Bu formülün sabit akım bölgesi için çizimine “Jfet Transfer Karakteristiği” denir. Aşağıdaki şekil 1.24 buna bir örnektir.

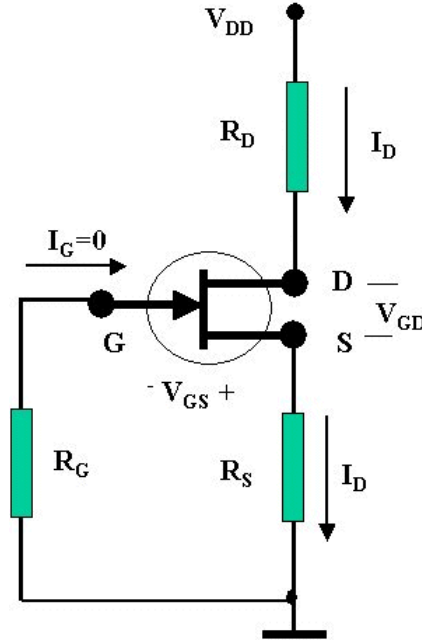


Şekil1.24: JFET transfer karakteristiği

Şekil1.24’de I_{DSS} akımı 5mA, V_p voltajı 4V olarak çizilmiştir. Şekildeki transfer eğrisi görüldüğü gibi doğrusal değildir. Bu nedenle, örneğin V_{GS} giriş voltajı 3V dan 2V a getirildiğinde ID akımı yaklaşık 1mA değişir. Fakat V_{GS} giriş voltajı 2V’den 1V’ye getirildiğine ID akımındaki değişiklik 2mA olacaktır.

➤ FET transistörün bayaslanması

Bir bayas devresi transistörü (FET, BJT transistör vs) özel bir durum söz konusu olmadıkça aktif bölgede çalışmasını sağlamak için tasarlanır. BJT transistörlerde bildiğiniz gibi beyz akımı bayas devresinin hesaplanmasında önemlidir. Fakat FET transistörlerde gate akımı ($I_G=0$) sıfırdır. FET transistörün aktif bölgede çalışabilmesi için gate-source arası voltaj negatif olur. Aşağıda bir JFET transistörün self-bayas devresi görülmektedir.



Şekil 1.25:FET transistörün bayaslanma devresi

Şekil 1.25'te I_G akımı sıfır olduğu için I_D akımı I_G akımına eşit olacaktır. $I_D=I_G$ R_S direnci üzerinden geçen I_D akımı burada source tarafı pozitif toprak tarafı negatif olacak şekilde bir voltaj oluşturur. I_G akımı sıfır olacağı için R_G direnci üzerinden hiç akım geçmeyecek ve R_G direnci üzerinde bir voltaj düşümü olmayacaktır. Fakat gate-source arasında R_S direnci üzerinde görülen voltaj negatif olarak görülecektir. Bu voltaj JFET transistörün bayas voltajıdır. Bu söylediklerimizi formül haline getirirsek;

Çıkış devresi için

$$V_{DD} = I_D (R_D + R_S) + V_{DS},$$

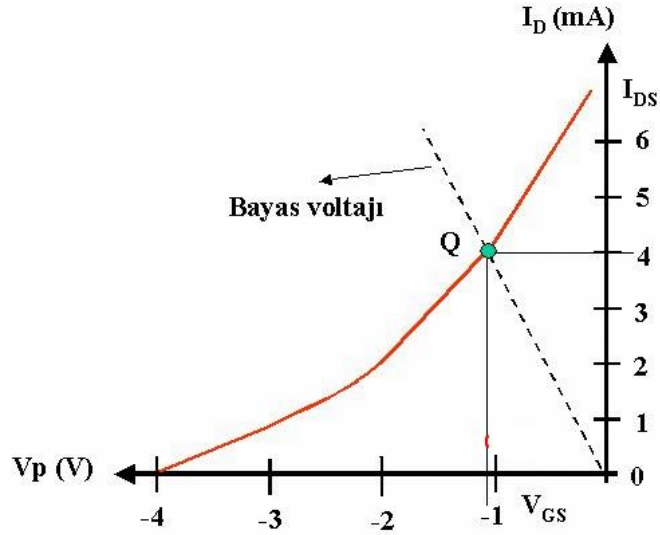
Gate Source arası voltaj, $I_G=0$ olduğu için

$$V_{GS} = -I_D \times R_S$$

I_D akımı,

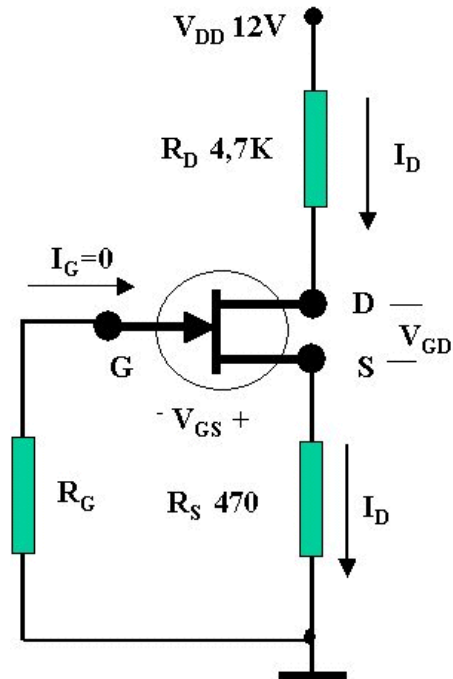
$$I_D = I_{DSS} (1 - (V_{GS} / V_p)^2)$$

Yukarıdaki formüllerle JFET için Q çalışma noktası kolayca bulunabilir.



Şekil1.26:FET transistörün biyaslanma devresi karakteristik grafiğı

Şimdi JFET transistörün biyaslanmasına ilişkin birkaç örnek yapalım.



Şekil 1.27: FET transistörün örnek bir biyaslanma devresi

N-kanal bir JFET için

$I_{DSS} = 4\text{mA}$

$V_p = -5\text{V}$.

$V_{DD} = 12\text{V}$

$R_D = 4,7\text{ kohm}$

$R_S = 470\text{ ohm}$

olarak verilmiştir.

Q noktasının (I_D , V_{DS}) yerini bulunuz.

$I_D = I_{DSS} (1 - (V_{GS} / V_p)^2)$

Formülüne bakacak olursak V_p voltajı V_{GS} voltajına eşit olursa I_D akımı I_{DSS} akımına eşit olur. Yani I_{DSS} akımı verilen V_p değerindeki doyum akımıdır. Bizim bulacağımız I_D akım değeri I_{DSS} akımından daha küçük olmalıdır. Pratik olarak V_D değeri yaklaşı olarak $V_{DD}/2$ olmalı ve V_{GS} değeri V_p değerinin yarısı kadar olmalıdır. Buna göre V_{GS} değerini 2V olarak seçersek

$$I_D = 4 (1 - (-2 / -5)^2)$$

$$I_D = 4 (1 - 0,4)$$

$$I_D = 4 (0,6)$$

$I_D = 2,4\text{mA}$ olarak bulunur.

V_{DS} voltajı

$$V_{DD} = I_D (R_D + R_S) + V_{DS}$$

$$V_{DS} = V_{DD} - I_D (R_D + R_S)$$

$$V_{DS} = 12 - 2,4 (4,7 + 0,47)$$

$$V_{DS} = 12 - 2,4 (5,17)$$

$$V_{DS} = 12 - 12,4$$

$V_{DS} = -0,4\text{V}$ olarak bulunur.

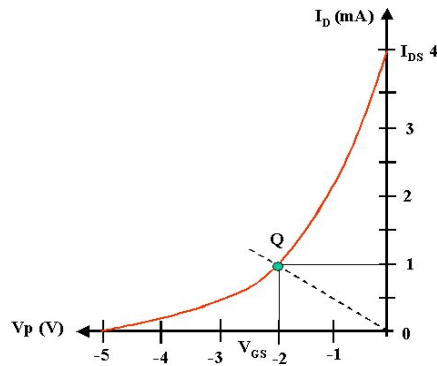
V_D voltajı

$$V_D = V_{DD} - I_D R_D$$

$$V_D = 12 - 2,4 (4,7)$$

$$V_D = 12 - 11,28$$

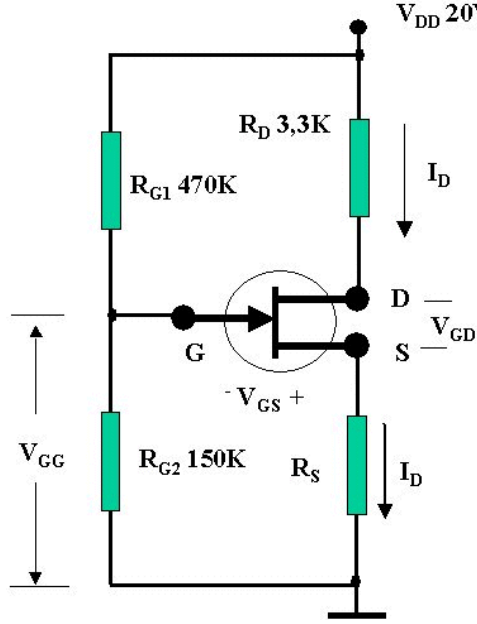
$V_D = 0,72\text{V}$ olarak bulunur.



Şekil 1.28: FET transistörün örnek bayaşlanma devresi karakteristik grafiği

Sonuç olarak $I_D=1\text{mA}$, $V_{DS}=6,83\text{V}$ ve $V_D=7,3\text{V}$ olarak bulunur. Dikkat ederseniz R_G direnci hesaplamalara girmedir. Nedeni, I_G akımının sıfır olmasıdır. Bu direnç çıkışına bağlanacağı devrenin çıkış direncini etkilemeyecek büyükte seçilir. BJT transistörlerin bayaslanmasında geçerli olan bayas kararlılığına ait kurallar FET'ler için de geçerlidir.

Şimdi üniversal bayas devresine sahip bir JFET devresinin çözümlemesini yapalım.



Şekil 1.29: Üniversal bayas devresine sahip bir JFET devresi

Şekil 1.29'daki devrede $V_{DD}=20\text{V}$, $R_{G1}=470\text{K}$, $R_{G2}=150\text{K}$, $R_D=3,3\text{K}$, $I_{DSS}=5\text{mA}$ ve $V_{GS(off)}=-4\text{V}$ verilmiştir. $V_{GS(off)}$ V_p 'nin başka bir adlandırmasıdır. Şimdi transistörün aktif durumda çalışması için R_S direncimin değerini hesaplayalım. Yani I_D akımı $2,5\text{mA}$ olsun.

Transistörün V_{GG} voltajı (gate - toprak arası voltaj)

$$V_{GG} = V_{DD} R_{G1} / (R_{G1} + R_{G2})$$

$$V_{GG} = 20 \times 150 / (470 + 150)$$

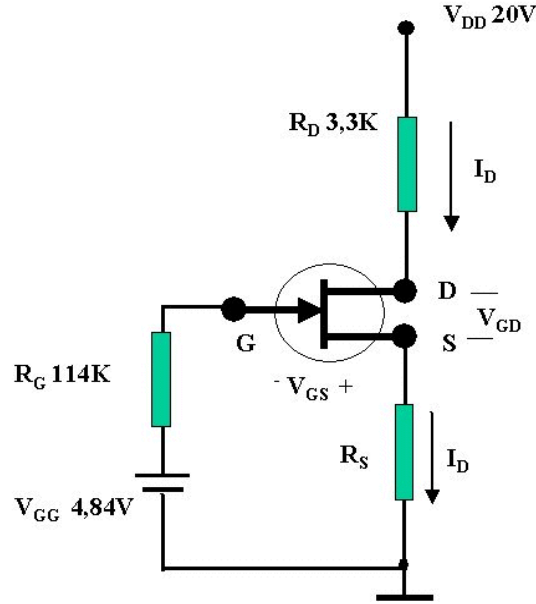
$$V_{GG} = 4,84\text{V} \text{ olarak bulunur.}$$

Bayas direçlerinin eşdeğerine R_G dersek

$$R_G = R_{G1}R_{G2} / (R_{G1} + R_{G2})$$

$$R_G = 470 \times 150 / (470 + 150)$$

$$R_G = 114\text{K} \text{ olarak bulunur.}$$



Şekil 1.30: Üniwersal bayas devresine sahip bir JFET devresi

Şekil1.30'daki eşdeğer devreye dikkatle bakacak olursak
 $V_{GG} = V_{GS} + (I_D \times R_S)$

Olarak yazılabileceğini görebiliriz.

Ayrıca I_{DSS} akımının yani en büyük akımın $V_{GS}=0V$ de olduğunu ve I_D akımının $0mA$ değerinin yani I_D 'nin kesim değerinin V_p voltajında olduğunu biliyoruz. O zaman V_{GS} değerini $V_p/2$ olarak düşünersek;

$$\begin{aligned} V_{GG} &= V_{GS} + (I_D \times R_S) \\ R_S &= (V_{GG} - V_{GS}) / I_D \\ R_S &= (4,84 - (-2)) / 2,5 \\ R_S &= 2,7K \text{ olarak buluruz.} \end{aligned}$$

Basit bir kontrol yapalım.

Transistörün V_{GS} voltajının negatif, transistörden akım geçmesi için V_p voltajından küçük olması gerekmektedir. I_D akımının I_{DSS} akımından küçük olması gerektiğini ve $2.5 mA$ olarak önceden tespit etmiştik.

$$\begin{aligned} V_S &= R_S \times I_D \\ V_S &= 2,7 \times 2,5 \\ V_S &= 6,75V \\ V_{GG} &= 4,84V \text{ idi.} \\ V_{GG} &= V_{GS} + (I_D \times R_S) \text{ formülünü} \\ V_{GG} &= V_{GS} + V_S \text{ olarak yazabiliriz. Buradan } V_{GS} ; \end{aligned}$$

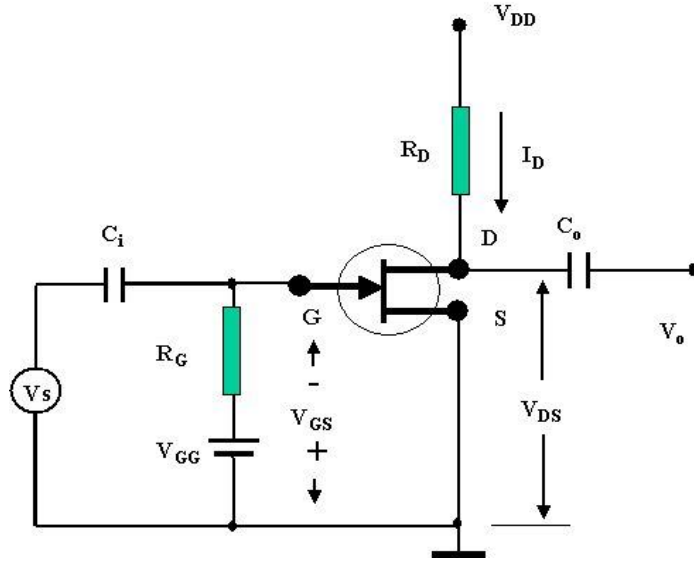
$$-V_{GS} = V_S - V_{GG}$$

$$-V_{GS} = 6,75 - 4,84$$

$V_{GS} = -1,91$ V olduğu (yaklaşık -2V) tekrar görülür.

➤ FET transistörlü yükselteç devreleri

Şekil 1.32’de temel bir FET yükselteç devresi görülmektedir. Kullandığımız transistör bir JFET dir. VGG bayaş kaynağı, küçük bir negatif GATE gerilimi (V_{GS}) temin etmektedir. Transistörün gate-source arası V_{GS} tarafından ters bayaşlandırıldığı için Gate akımı olmayacağından (ya da ihmal edilebilecek kadar küçük olacağından) R_G direnci üzerinde herhangi bir gerilim düşümü olmayacaktır. Bunun sonucu olarak $V_{GS}=V_{GG}$ olacaktır. Drain-Source besleme gerilimi V_{DD} ve Drain direnci R_D , I_D Drain akımı ile Drain-Source arasındaki gerilimi (V_{DS}) oluştururlar. Devre elemanlarının değeri, $V_{DS} > V_p$ olacak şekilde seçileceğinden, transistörün sabit akım bölgesinde çalışması sağlanır. Burada söylediğimiz sabit akım, transistörden ne olursa olsun hep aynı **akım** akar anlamında değildir. V_{DD} besleme geriliminde olabilecek değişikliklerden I_D akımının etkilenmemesidir.



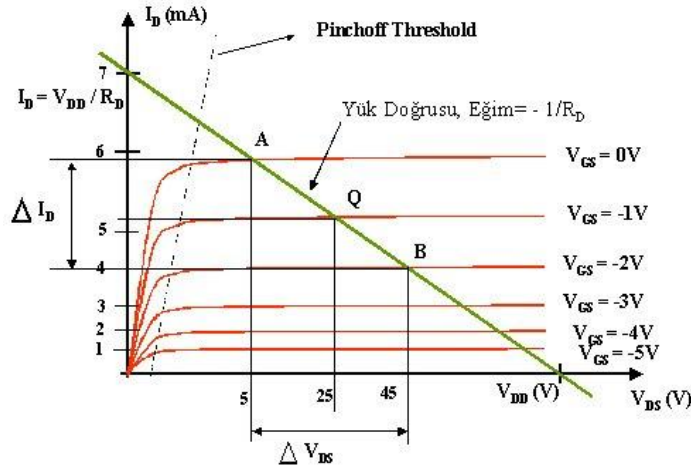
Şekil 1. 31: Temel bir FET yükselteç devresi

Şekil1.31’deki devrede sinyal kaynağına seri olarak bağlanan C_i kondansatörü V_s alternatif sinyal kaynağı ile transistörün DC olan V_{GS} ’si arasında DC izolasyon yapar. V_s alternatif kaynağı devreyi şu şekilde etkiler. $V_{gs}=V_{GS} + V_s$

Yukarıdaki formülde görülen $V_{GS} + V_s$ aslında vektörel bir toplamadır. V_s alternatif sinyal kaynağıdır. Yani genliği zamana göre değişir. Bir yükselir, bir azalır. V_{GS} ise DC bir gerilimdir. Yani sabittir. Sabit olan V_{GS} ile değişken olan V_s ’ yi toplarsak ortalama değeri V_{GS} olan fakat V_s kadar bir azalan bir çoğalan V_{gs} ’ yi elde ederiz. Bu gerilim transistörün Gate sine uygulandığı için V_{gs} geriliminin yükseldiği zamanlarda I_D akımı yükselir, V_{gs} geriliminin azaldığı zamanlarda da I_D akımı azalır. Yani I_D akımı V_s nin sinyal şekline göre bir alzar, bir yükselir. I_D akımındaki bu değişiklik R_D direnci üzerinde değişken bir gerilim

oluşturur. Bu değişken gerilimi (R_D üzerinde çıkış geriliminin hem AC hem DC bileşenleri vardır) C_o kondansatörü ile devrenin dışına V_o olarak alırız. Bu bağlantı türündeki devrelerde V_o gerilimi V_i geriliminden daha fazla olduğu için devremizde bir gerilim kazancı oluşur. Örneğin bizim devremizde $0,5V$ 'luk bir V_i için $10V$ 'luk bir V_o elde edersek devrenin gerilim kazancı 20 olur. $A_v = V_o / V_i$ $A_v = 20 / 0,5$ $A_v = 20$ grafik çözüm bir JFET devresini grafik olarak çözümlmek için $V_{DS} - I_D$ ya da DRAIN karakteristiği kullanılır.

CE bağlantılı BJT transistöre çok benzer. Yukarıdaki devre için drain devresinin DC denklemi, $V_{DS} = V_{DD} - I_D * R_D$ 'dir. Bu formüle aynı zamanda DC "Yük Denklemi" de denir. Drain akımı ise, $I_D = (V_{DD} - V_{DS}) / R_D$ 'dir. Bunlara göre JFET yükseltecinin grafiğini çizersek...



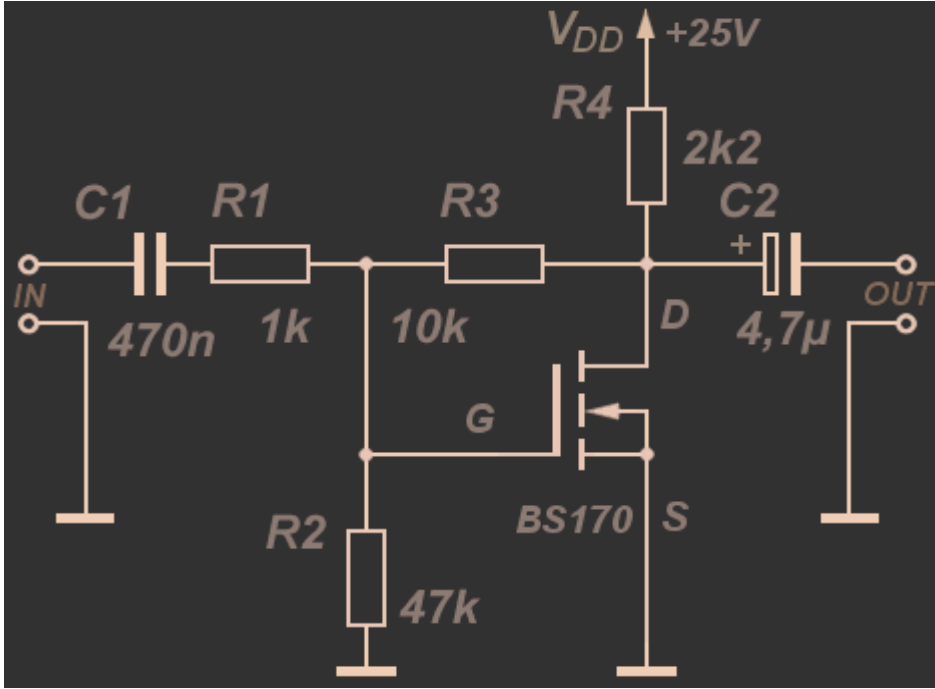
Şekil1.32: JFET yükseltecin grafiği

Şekil 1.32'de yük doğrusunun şekli, $-1/R_D$ ile ifade edilmektedir. Bu lisede öğrendiğiniz sıkıcı grafiklerin en basitlerinden olan $-1/x$ aynısıdır. Eğer V_{GS} voltajı $-1V$ değerine ise, Q noktası şekildeki yerindedir. Q noktasının bu durumdaki karşı gelen V_{DS} ise $25V$ olsun. Bu duruma sessizlik duruma denir. Şimdi V_i giriş sinyali uyguladığımızı varsayalım. V_i sinyali yükseldiğinde negatif olan V_{GS} bayaş voltajını azaltacaktır. Örneğin $V_{GS}=0$ olsun. Yani Q noktası şekilde A noktasına kayacaktır. Buna karşı gelen V_{DS} ise örneğin $5V$ olacaktır. Görüldüğü gibi V_i giriş sinyali yükseldiğinde V_{GS} voltajı azalmakta (V_o voltajı, V_{DS} nin değişken kısmıdır) yani V_o voltajı negatif yönde artmıştır. V_i negatif yönde arttığı zaman V_{GS} voltajını da arttıracak başka bir değişle V_{GS} voltajı da negatif yönde yükselecektir. Bu durumda I_D akımı da azalacağı için V_{DS} voltajı yükselecektir. Bunu grafikte Q noktasının yük doğrusu üzerinde B noktasına gelmesi şeklinde görebiliriz. B noktasına karşı gelen V_{DS} gerilimi de örneğin $45V$ olsun. Bu durumda giriş sinyali V_i $2V$ değiştiğinde çıkış sinyali $40V$ değişmekte ve 20 kat kazanç elde edilmektedir. Ayrıca giriş sinyali V_i ile çıkış sinyali V_o arasında 180° faz farkı olduğu görülmektedir.

Grafik çözümler, olabilecek distorsiyonlar hakkında bize önemli bilgiler verir. Sinyal kesimde mi, doyumda mı rahatlıkla görebiliriz? Ayrıca JFET transistörlü yükselteçler tasarlanırken birkaç noktaya dikkat etmek gereklidir. Bilindiği gibi JFET transistörün DRAIN karakteristiğinde görülen V_{GS} voltaj basamakları eşit aralıklarda bulunmadığından

Q noktası etrafında meydana gelecek simetrik sinyal salınımı drain akımı I_D ve V_{DS} geriliminde simetrik değişimlere neden olmaz. Çünkü JFET'nin giriş karakteristiği ile çıkış karakteristiği arasındaki ilişki doğrusal değildir. Bu nedenle çıkış dalga şeklinde uygun bir doğrusallık elde etmek için, giriş sinyalinin genliği mümkün olduğunca küçük olmalıdır. İkinci olarak, çalışma noktası pinchoff threshold eğrisine yakın olarak seçilmemelidir. Çünkü bu eğriye yakın bölgelerde, V_{GS} eğrileri arasındaki uzaklık küçük olduğundan aşırı distorsiyon meydana gelir. Son olarak, gate bias gerilimi çok yüksek olamamalıdır. Bu durumda küçük negatif sinyal salınımlarında bile transistör tamamen kesim durumuna geçebilir. FET bias devrelerinde en çok yukarıdaki şekilde görülen yapı kullanılır. Eğer devremizin kararlılığını daha da arttırmak istersek self bias yerine BJT transistörlerden de hatırlayacağınız gibi universal bias devresi kullanmak daha iyi olacaktır. Universal bias devresi özelliği olarak transistörün parametrelerinde olabilecek bazı değişikliklerden bile devrenin etkilenmemesini sağlamaktadır.

➤ **Örnek fetli yükselteç devresi**



Şekil 1.33: FET'li yükselteç devresi

Şekil 1.33'te BS 170 tipi kendiliğinden uyarımlı n -kanal MOSFET kullanılan standart bir yükselteç devresi bulunuyor. Bu yükselteç devresi çok büyük bir giriş empedansı ve iyi bir frekans tepkisine (frequency response) sahiptir ve sıkça empedans dönüştürücü olarak kullanılır. $C1$ ve $C2$ kondansatörlerinin görevi giriş ve çıkışta DC yalıtımı yapmaktır. $R1$ ve $R2$ dirençleri bir gerilim bölücü gibi çalışır ve kazanç katsayısını belirlerler. Geçite ön gerilim $R3$ direnci üzerinden beslenir. Bu tarz çalışma "dinamik ön gerilimleme" olarak adlandırılır ve eş zamanlı olarak frekans tepkisinin iyileştiren, fakat kazanç katsayısının kötüleştirilen bir gerilim geri beslemesinin meydana gelmesine sebep olur. $R4$ direnci, diğer tüm yükselteç devrelerinde olduğu gibi, sükûnet akımını (quiescent current) ve çalışma

noktasını (quiescent point) belirler. JFETlerde olduğu gibi, bu devrede de çıkışta 180° lik bir faz kayması meydana gelir.

1.1.2. Ortak Kollektör

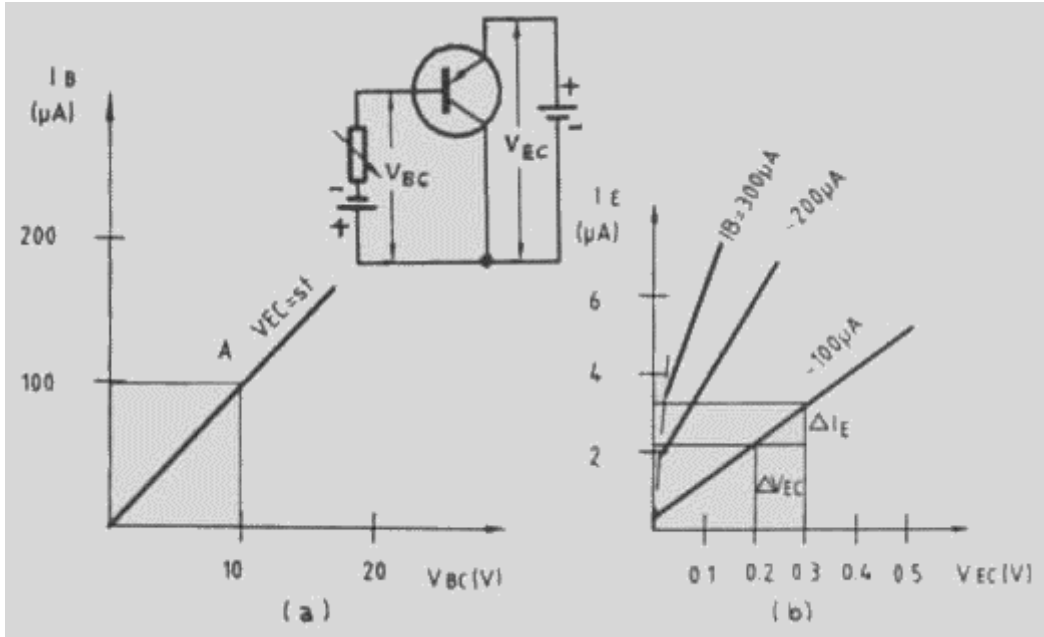
➤ Kollektörü ortak yükseltecin (KOB) statik karakteristikleri

- KOB Statik giriş direnci

Şekil 1.34 (a) eğrisinde çalışma noktası olarak A noktasını seçelim. Karakteristik doğrusal devam ettiği ve başlangıç noktasından geçtiği için gerilim ve akım değişim miktarlarını almak yerine, kendilerini almak mümkündür.

$$R_g = V_{BC} / I_B = 10 / 100 \cdot 10^{-6} = 100000 \Omega = 100 \text{ K}\Omega$$

Kollektörü ortak bağlantıda giriş direnci 100 ile 1000 K Ω arasında değişmektedir.



Şekil 1.34: Kollektörü ortak yükseltecin karakteristik eğrileri.

(a) giriş (b) çıkış

➤ KOB statik çıkış direnci

Şekil 1.34 (b) eğrisinden gerilim akım değişim miktarları

$\Delta V_{EC} = 0,3 - 0,2 = 0,1$ V; $\Delta I_E = 3,3 - 2,2 = 1,1$ mA olup
yerlerine konulursa: $R_C = \Delta V_{EC} / \Delta I_E = 0,1 / 1,1 \cdot 10^{-3} \approx 91 \Omega$ olur.
Kollektörü ortak bağlantıda çıkış direnci 50 ile 500 ohm arasında değişir.

➤ **KOB statik akım kazancı**

Kollektörü ortak devrede akım kazancı

$$K_i = \gamma = I_E / I_B = (I_C + I_B) / I_B = (I_C / I_B) + 1 = \beta + 1$$

Emetörü ortak bağlantılı yükselteç bölümünde β akım kazancının 10 ile 200 arasında değiştiği belirtilmiştir. γ akım kazancı içinde aynı değerler verilebilecektir.

➤ **KOB statik gerilim kazancı**

Empedans uygunluğu sağlamak bakımından R_1 ve R_2 dirençleri transistörün giriş ve çıkış dirençlerine yakın seçilir.

$$\text{Gerilim kazancı: } K_V = I_E \cdot R_2 / I_B \cdot R_1 = \gamma \cdot R_2 / R_1 \text{ dir.}$$

$$\text{Yukarıdaki değerlere göre: } K_V = 200 \cdot 1 / 100000 = 0,182 \text{ olur.}$$

Görüldüğü gibi KOB'da gerilim kazancı 1'den küçüktür.

➤ **KOB statik güç kazancı**

Güç kazancı

$$K_P = \gamma^2 \cdot (R_2 / R_1) = \gamma \cdot K_V \text{ olup}$$

$$\text{Yukarıdaki değerlere göre: } K_P = 200 \cdot 0,182 = 3,64 \text{ olur.}$$

Görüldüğü gibi güç kazancı da diğer bağlantı şekillerine göre oldukça düşüktür.

Kollektörü ortak bağlantı halindeki güç kazancı genelde $K_P = 10 \dots 100$ arasındadır.

➤ **Kollektörü ortak bağlantının dinamik karakteristikleri**

Kollektörü ortak yükselteci dinamik karakteristik değerlerin hesaplama yöntemleri de diğer bağlantı şekillerine benzer.

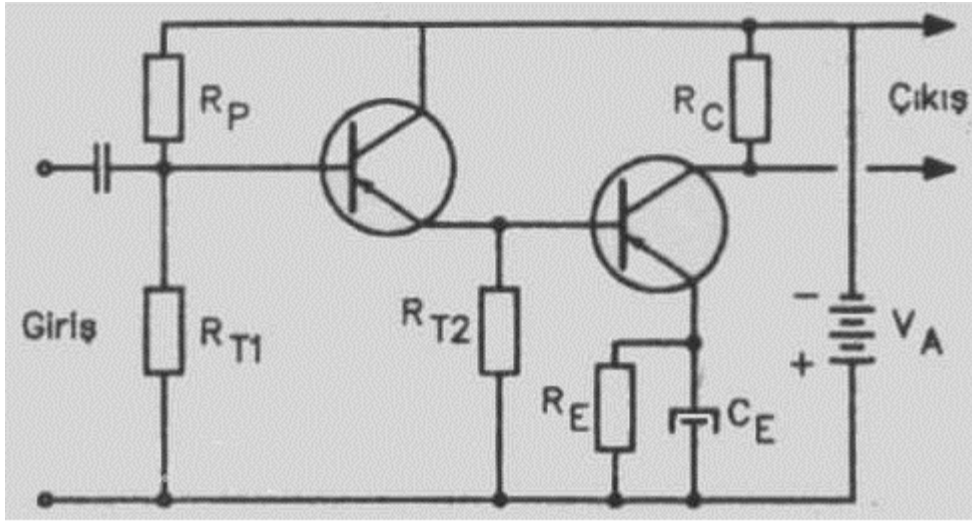
➤ **Kollektörü ortak yükseltecin kullanım alanları**

Kollektörü ortak bağlantı vasıtasıyla bir k montajın basitleştirilmesi sağlanabilmektedir.

Şekil 1.35'te böyle bir örnek verilmiştir. Emiteri ortak devre önüne direk kuplajla kollektörü ortak bir devre getirilmiştir. Birincisi, yani kollektörü ortak devre, faz dönmesi yapmadığı için R_p ile her iki devrede birden sıcaklık etkisinin azaltılması sağlanmaktadır. Yapılan hesaplar göstermiştir ki her iki transistör de emiteri ortak düzende bağlandığında aynı kazanç elde edilebilmektedir. Fakat bu halde fazladan 2 direnç ile 2 kondansatör daha

kullanılması gerekmektedir. Kollektörü ortak bağlantı, daha çok, kollektörü gövdeye bağlı olan büyük güçlü transistörlerde uygulanmaktadır. Ayrıca, büyük dirençli giriş ve küçük dirençli çıkış gerektiren devrelerde bu bağlantı şekli uygulanır.

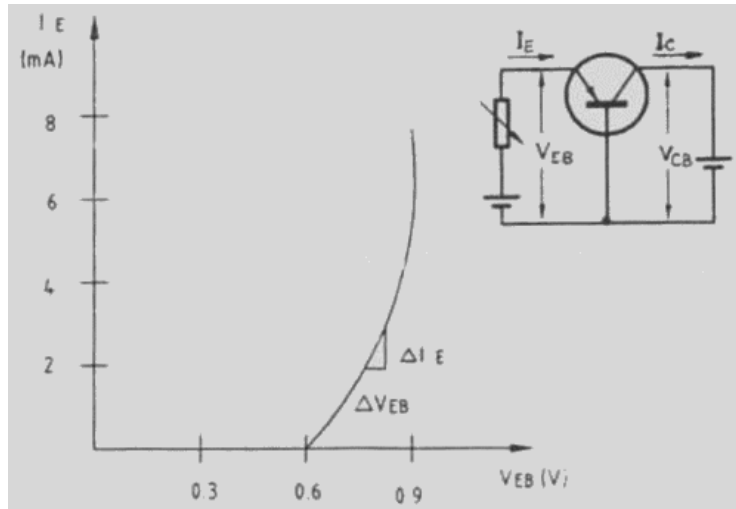
Çoğunlukla çıkış emiter direncinden alınır. Bu şekildeki kollektörü ortak devreye “Emiter Çıkışlı” devre denir. Şekil 1.36’daki kollektörü ortak bağlantılı transistor emiter çıkışlıdır. Tabloda transistorün değişik bağlantı hallerindeki karakteristik değerleri verilmiştir.



Şekil 1.35: Kollektörü ortak devrenin emiteri ortak devreye direk kuplajı.

1.1.3. Ortak Beyz

“Beyzi Ortak Bağlantının Statik Giriş Direnci” BOB statik giriş direnci, “Emiter ile Beyz” arasında ölçülen DC direncidir.



Şekil 1.36 : Beyz'i ortak bağlantıda giriş karakteristik eğrisi (silikon)

Giriş, direncini iki yoldan hesaplamak mümkündür:

- Ölçü yolu: Şekil 1.36'da görüldüğü gibi V_{EB} ve I_E ölçülüp. $R_g = V_{EB} / I_E$ 'den R_g bulunur.

Giriş karakteristik eğrisinden yararlanma yolu:

Şekil 1.37'de verilen giriş karakteristik eğrisinin düzgün olduğu bir noktada alınan küçük Δ değerleri ile hesaplama yapılır.

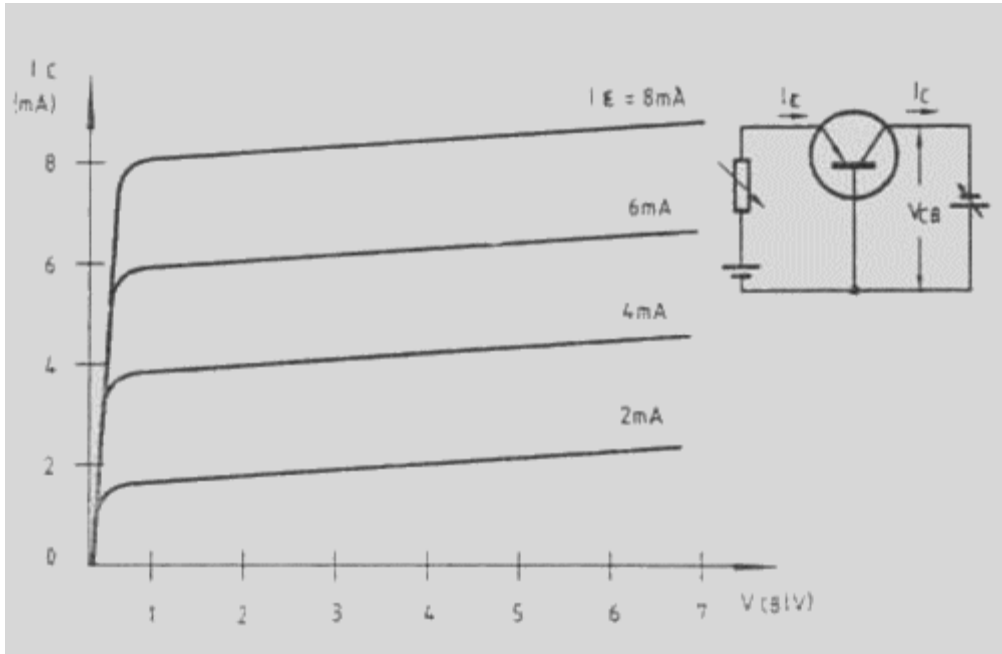
$$R_g = (\Delta V_{BE} / \Delta I_E) = (56.10^{-3} / 0,94.10^{-3}) = 59,57\Omega \text{ bulunur.}$$

Beyz'i ortak bağlantıda giriş direnci diğer bağlantı şekillerine oranla daha küçüktür. R_g 30 ile 150 Ω arasında değişmektedir.

➤ Beyz'i ortak bağlantının statik çıkış direnci

BOB statik çıkış direnci, kollektör ile beyz arasında ölçülen dirençtir. Hem ölçü aletleri vasıtasıyla, hem de Şekil 1.37'de verilmiş olan çıkış karakteristik eğrisinden yararlanılarak hesaplanabilir.

Ölçerek $R_C = V_{CB} / I_C$ Eğriden: $R_C = \Delta V_{CB} / \Delta I_C$ ile hesap yapılır.

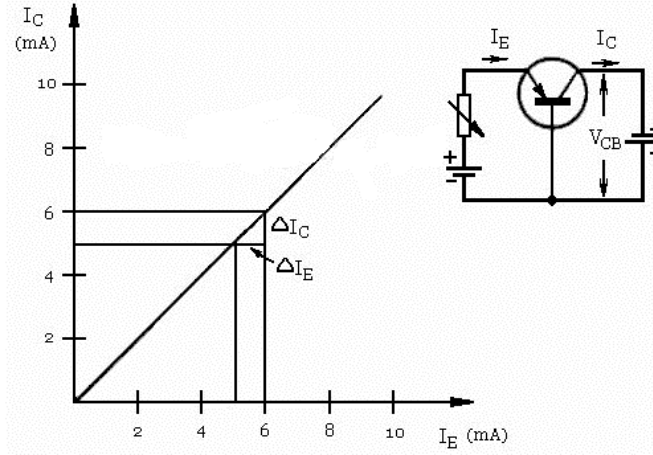


Şekil 1.37: Beyz'i ortak bağlantıda çıkış karakteristiği

Beyz'i ortak bağlantıda R_C çıkış direnci 200 K Ω ile 2 M Ω arasında değişmektedir. Diğer bağlantı şekillerine göre, en büyük çıkış direnci verir.

➤ **Beyzi ortak bağlantının statik akım kazancı**

Akım kazancının hesabı gerek, amperetreler ile giriş (I_E) ve çıkış (I_C) akımlarının ölçülmesi yoluyla, gerekse de transfer karakteristiğinden yararlanılarak yapılabilir.



Şekil 1.38: Beyz'i ortak bağlantıda transfer karakteristiği (I_E , I_C)

Şekil 1.38'de verilen transfer karakteristiğine göre işlem yapılırsa

$$K_i = \alpha = \Delta I_C / \Delta I_E = 6 - 5 / 6.02 - 4.98 = 1 / 1.04 = 0.96 \text{ olur.}$$

Bu bağıntıdan da görüldüğü gibi emiter akımı ile kollektör akımı birbirlerine çok yakın değerdendirler.

Genelde $I_C = \%95-98 I_E$, $I_B = \%2-5 I_E$ 'dir.

Not:

Beyz 'i ortak bağıntıda K_i , akım kazancı daima 1'den küçük olmaktadır.

Beyzi ortak bağlantının statik güç kazancı

$$K_P = P_C / P_g = (I_C^2 \cdot R_2) / (I_E^2 \cdot R_1) = (\Delta I_C)^2 / (\Delta I_E)^2 \cdot R_2 / R_1 = \alpha^2 \cdot (R_2 / R_1)$$

Statik güç kazancı için örneke vermek gerekirse

$$K_P = 0.95^2 \cdot 192 = 0.92 \cdot 192 = 176.9 \text{ bulunur.}$$

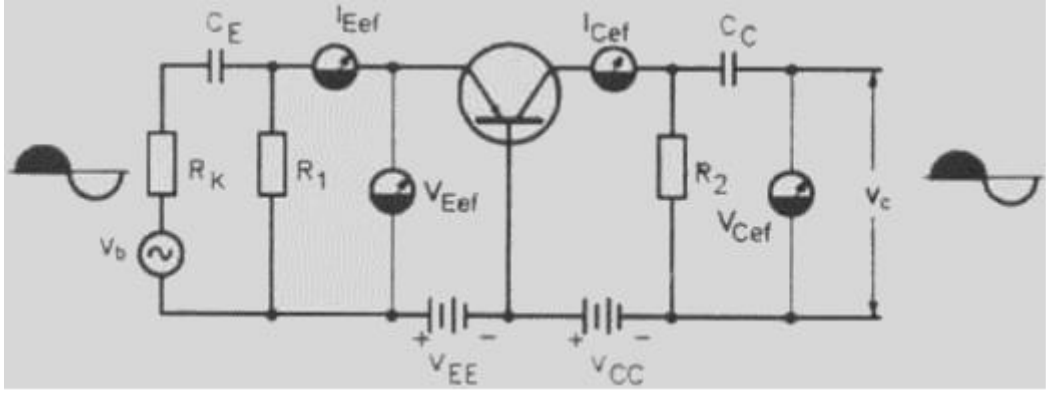
Beyz'i ortak yükseltecin K_P güç kazancı birkaç yüz civarındadır.

Beyzi ortak bağlantının dinamik karakteristikleri

Beyzi ortak yükseltecin dinamik karakteristiklerini çıkartmak üzere kurulan devre Şekil 1.39'da verilmiştir

Şekilden de görüldüğü gibi, emiterin pozitif polarma gerilimi, V_{EE} kaynağından ve R_1 direnci üzerinden sağlanmaktadır.

Kollektörün polarma gerilimi ise V_{CC} kaynağından ve R_2 direnci üzerinden negatif olarak sağlanmaktadır.



Şekil 1.39 - İşaret kaynağı uygulanmış beyz 'i ortak yükselteç.

Giriş işareti de emitere, R_K seri direnci ve C_E kondansatörü üzerinden verilmektedir. Girişteki I_e işaret akımındaki değişime uygun olarak değişen, I_c kollektör akımı, R_2 yük direnci üzerinde $v_c = v_{cb} = v_{R2}$ gibi bir AC gerilim yaratmaktadır.

Beyzi ortak yükseltecin dinamik karakteristikleri de emiteri ortak yükseltece benzer şekilde çıkarılmaktadır. Ancak burada, giriş işaret akımı I_e emiter akımı olmaktadır. C_E ve C_C kondansatörler DC akımın diğer devrelere geçmesini önler. AC çalışmada V_{EE} ve V_{CC} gerilim kaynakları kısa devre olmaktadır. Bu nedenle; AC çalışmada, $v_{R1} = v_{eb}$, $v_{R2} = v_{cb}$ 'dir.

➤ Giriş çıkış gerilimleri faz bağıntısı

Şekil 1.39 ve Şekil 1.40 (c)'den durumu izleyelim.

İşaret geriliminin pozitif alternansında, emiter polarma gerilimi 0,4 volttan itibaren artarak 0,42 volt olmaktadır.

" V_e " AC gerilimi büyüyünce " I_e " AC emiter akımı da büyür. Böylece, " I_c " AC kollektör akımı da artacak ve R_2 yük direncinde daha çok gerilim düşümü yapacaktır.

Bu hâlde, kollektörün " $V_{CQ} = -20$ V" olan polarma gerilimi örneğin, -2 V 'ye düşecektir. Yani şekil 1.40 (c)'de de görüldüğü gibi kollektör gerilimi mutlak değerce küçülecek, fakat negatif değer olarak büyüyecektir.

Bu durum da göstermektedir ki beyzi ortak yükselteçlerde giriş işaret gerilimi ile çıkış işaret gerilimi aynı fazdadır.

➤ Karakteristik değerlerin hesaplanması

Gerek, Şekil 1.39'da görülen ölçü aletlerinden okunacak efektif değerlerden, gerekse de karakteristik eğrilerinden yararlanılarak gerekli hesaplamalar yapılabilecektir.

Burada, yukarıdaki ön bilgilerden ve şekil 1.40'taki karakteristik eğrilerden yararlanılarak dinamik karakteristikleri hesaplanacaktır.

Hesaplamalar 5000 ohmluk yük doğrusuna göre yapılacaktır.

$V_{CC} = 40$ voltur.

Q noktası ve maksimum minimum değerleri:

$V_{CBQ} = 20$ V , $I_{CQ} = 3,9$ mA , $I_{EQ} = 4$ mA'dır.

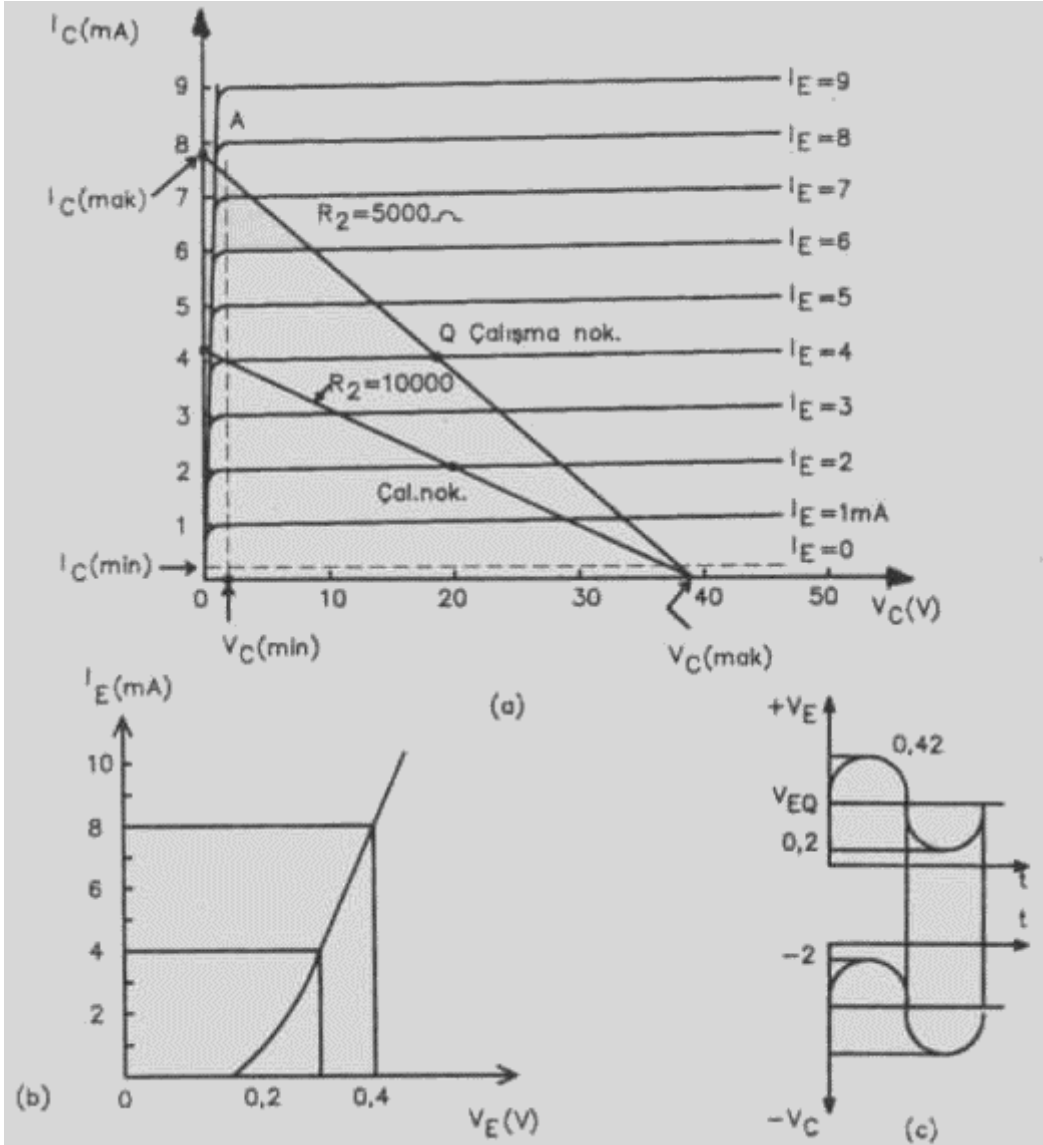
$I_{C_{min}} = 0,18$ mA , $I_{C_{mak}} = 7.8$ mA

$V_{C_{min}} = 2$ V , $V_{C_{mak}} = 40$ V

$I_{E_{min}} = 0,2$ mA , $I_{E_{mak}} = 8$ mA'dır.

Sekil 6.35 (b) den $I_{E_{min}}$ ve $I_{E_{mak}}$ karşılığı, $V_{E_{min}} = 0,2$ V , $V_{E_{mak}} = 0.42$ V'tur.

Yukarıda belirlenen değerlerden yararlanarak aşağıdaki hesaplamalar yapılabilecektir. Hesaplamalarda işaretler dikkate alınmayacaktır.



Şekil 1.40 : Beyzi ortak PNP transistörlü yükseltecin dinamik karakteristikleri. (a) çıkış (b) giriş (c) giriş çıkış işaretleri faz bağıntısı. (ge transistör için)

Beyzi ortak bağlantının dinamik akım kazancı

$$\alpha = I_{C_{ef}} / I_{E_{ef}} = (I_{C_{\max}} - I_{C_{\min}}) / (I_{E_{\max}} - I_{E_{\min}}) = 7,8 - 0,18 / 8 - 0,2 = 7,62 / 7,8 \text{ 'den}$$

$\alpha = 0,95$ olur.

α akım kazancı 0,95; 1 arasındadır.

Beyzi ortak bağlantının dinamik gerilim kazancı,

Şekil 6.35 'teki karakteristik eğrilerindendir.

$$K_V = V_{C_{ef}} / V_{E_{ef}} = (V_{C_{mak}} - V_{C_{min}}) / (V_{E_{mak}} - V_{E_{min}}) = 40 - 2 / 0,42 - 0,2 = 38 / 0,22 = 172,7$$

Beyzi ortak bağlantının dinamik güç kazancını,

$K_p = \alpha \cdot K_v$ bağıntısından hesaplayalım:

$$K_p = 0,95 \cdot 172,7 = 164$$

Akım kazancı 1'e yakın olduğu için beyzi ortak yükselteçlerde pratik olarak güç kazancı gerilim kazancına eşit kabul edilir. Yukarıdaki hesaplamalardan da görüldüğü gibi statik karakteristik değerleriyle, ses frekansındaki dinamik karakteristik değerleri arasında çok büyük fark bulunmamaktadır.

➤ **Beyzi ortak yükseltecin kullanım alanları**

Çıkış direncinin büyüklüğü nedeniyle osilatörlerde, bobinaj devresi osilasyonlarını söndüreceğinden beyzi ortak bağlantı tercih edilir. Beyzi ortak yükselteçlerin akım kazancı küçük olduğundan, alıcılarda ötme tehlikesine karşı tedbir için ara frekans katlarında kullanılır. Frekans karakteristiği düzgün olduğundan ve düşük güçte çalışabildiğinden, parazitleri etkisiz kılar, 100 Mhz'e kadar kullanılır. Özetlenirse genellikle yüksek frekans devrelerinde ve büyük empedanslı çıkış gerektiğinde bu bağlantı şekli uygulanmaktadır.

1.2. Amplifikatör Çalışmasını Etkileyen Faktörler

Bir transistöre kararlı bir çalışma yaptırabilmek için, öncelikle karakteristik değerlerine uygun bir devre düzeni kurmak gerekir. Bunu içinde, daha önceden de belirtilmiş olduğu gibi katalog değerlerine ve karakteristik eğrilerinde verilen bilgilere uyulmalıdır.

Transistörün kararlı çalışmasını etkileyen faktörler şunlardır:

➤ **Sıcaklık**

Aşırı ısınan transistörün çalışma dengesi bozulur, gücü düşer. Daha da çok ısınırsa yanar. Isınan transistörlerde elektron sayısı anormal artacaktır. Bu artış nedeniyle belirli giriş değerleri için alınması gereken çıkış değerleri değişir. Bu da kararlı çalışmayı önler. Daha çok ısınma halinde ise kristal yapı bozulur. Bu durumda transistörün yanmasına neden olur. Isınma transistörün kendi çalışmasından kaynaklandığı gibi, sıcak bir ortamda bulunmasından dolayı da olabilir.

➤ **Frekans**

Her transistör, her frekansta çalışmaz. Bu konuda katalog bilgilerine bakmak gerekir. Örneğin, NPN transistörler, PNP transistörlere göre yüksek frekanslarda çalışmaya daha uygundur. Nedeni de NPN transistörlerde elektrik yükü taşıyıcıları elektronlardır. PNP transistörlerde ise taşıyıcılar pozitif elektrik yükleridir. Elektronlar, pozitif elektrik yüklerine göre çok daha hızlı ve serbest hareket edebildiklerinden, yüksek frekanslar için NPN transistörler daha uygundur.

➤ **Limitsel karakteristik değerleri**

Her transistörün ayrı çalışma değerleri vardır. Bu çalışma değerlerinden bazılarının kesinlikle aşılmaması gerekir. Bunlara "Limitsel Karakteristik" denir. Limitsel karakteristik değerleri şöyle sıralanır:

- Maksimum kollektör gerilimi
- Maksimum kollektör akımı
- Maksimum dayanma gücü
- Maksimum kollektör - beyz jonksiyon sıcaklığı
- Maksimum çalışma (kesim) frekansı.

Limit değerleri gerek birbirlerine, gerekse de giriş değerlerine bağlıdır. Yukarıda sıralanan maksimum değerlerin ne olmasının gerektiği transistör kataloglarından ve karakteristik eğrilerinden saptanır.

➤ **Polarma yönü**

Polarma gerilimini uygularken, ters polarma bağlantısı yapmamaya özellikle dikkat edilmelidir. Böyle bir durumda, transistör çalışmayacağı gibi, normalden fazla uygulanacak olan ters polarma gerilimleri jonksiyon diyotlarının delinmesine yani kristal yapının bozulmasına neden olacaktır.

➤ **Aşırı toz ve kirlenme**

Transistörlerin toza karşı ve özelliklede metalik işlemlerin yapıldığı ortamlarda çok iyi korunması gerekir. Aşırı toz ve kirlenme elektrotlar arası yalıtkanlığı zayıflatacağından kaçak akımların artmasına neden olacaktır. Bu da transistörün kararlı çalışmasını engelleyecektir. Metal ve karbon (kömür) tozlarıyla karışık bir tozlanma varsa transistör elektrotlarının kısa devre olma ihtimalide mevcuttur. Tozlu ortamda çalıştırılması zorunlu olan transistörlerin ve bütün elektronik devrelerin toza karşı iyi korunmaları ve zaman zaman devrenin enerjisi kesilmek suretiyle, yumuşak bir fırça ve aspiratör tozların temizlenmesi gerekir. Tozların temizlenmesi sırasında, elektrik süpürgesiyle üfleyerek temizlik kesinlikle yapılmamalıdır. Zira bu durumda yapışkan tozlar daha da çok yapışıp kirliliği arttıracak gibi, buradan kalkan tozlar diğer cihaz ve devrelere konacağından başka devrelerinde tozlanmasına neden olacaktır.

➤ **Nem**

Transistörler ve bütün elektronik devreler, neme karşı da çok iyi korunmalıdır. Gerek su buharı gerekse de bazı yağ ve boya buharları, doğrudan kendileri elektrotlar arasında kısa devre yapabileceği gibi, tozlarında yapışıp yoğunlaşmasına neden olacağından, cihazların kararlı çalışmasını engelleyecektir.

➤ **Sarsıntı**

Sarsıntılı ortamda kullanılan cihazlarda, daima bağlantıların kopması ihtimali vardır. Aşırı sarsıntı iç gerilmeleri de arttıracığından kristal yapının bozulması da mümkündür. Sarsıntılı ortamlarda çalıştırılacak cihazlara üreticiler tarafından özel sarsıntı testi uygulanır. Bu gibi çalıştırmalarda, üreticisinden sarsıntı testleri hakkında bilgi almak gerekir

➤ **Elektriksel ve magnetik alan etkisi**

Gerek elektriksel alan, gerekse de magnetik alan serbest elektronların artmasına ve onların yönlerinin sapmasına neden olur. Bu da kararlı çalışmayı önler. Bu gibi ortamlarda kullanılacak cihazlar faraday kafesiyle ve anti magnetik koruyucularla korunmalıdır.

➤ **Işın etkisi**

Röntgen ışınları, lazer ve benzeri çok yüksek frekanslı ışınlarda kararlı çalışmayı etkiler. Bu gibi yerlerde kullanılacak cihazlarda özel koruma altına alınmalıdır.

➤ **Kötü lehim (soğuk lehim)**

Transistörün ve bütün elektronik devre elemanlarının çok ustaca lehimlenmesi gerekir. Soğuk lehim olduğu takdirde dışarıdan bakıldığında lehimliymiş gibi görünmesine rağmen elektrik iletiminin iyi olmamasına neden olacağından bütün bir sistemin kararlı çalışmasını engelleyecektir. Bu tür arızaların bulunması da çok zordur. Ayrıca aşırı ısıtılarak lehim yapılması da devre elemanlarını bozar. Belirli bir lehim pratiği olmayanların, transistör ve benzeri elektronik devre elemanlarının lehimini yapmaması gerekir.

1.2.1. Verim

Güç yükselteçlerinde bizi ilgilendiren şey güç kaynağından çekilen gücün ne kadarının transistör üzerinde harcandığı ne kadarının yük üzerine aktarıldığıdır. Eğer transistör üzerinde fazla güç harcarsak transistörde fazla ısınacaktır. Sonuçta fazla ısınan her şey gibi transistörde yanar. Transistörün fazla ısınmasını önlemek için, transistör üzerinde oluşan ısıyı hızla üzerinden çekmek gerekir. Bu işi de ısıya havaya kolayca aktaran alüminyum soğutucularla yetmezse ilave olarak soğutucu fanlarla yaparız. Bazı çok özel yükselteçlerde (büyük güçlü radyo vericileri gibi) su soğutmalı sistemler bile kullanılmaktadır.

Güç verimi

Bir yükseltecin yük üzerinde harcanan gücün, güç kaynağından çekilen güce oranına Güç verimi denir. Yük üzerinde harcanan güç AC ise AC gücün rms değeri kullanılır. (rms; AC sinyalin DC ye karşılık gelen değeridir.)

$$\% \text{ Verim} = (P_{Lrms} / P_{DC}) \times 100$$

DC giriş gücü, güç kaynağı V_{cc} ile ortalama akımının (yaklaşık olarak Q noktasındaki I_c akımı) çarpımına eşittir.

$$P_{dc} = P_{cc} = V_{cc} \times I_c$$

Yük üzerinde harcanan AC güç, çıkış geriliminin rms değeri ile çıkış akımının rms değerinin çarpımına eşittir. Eğer dalga şeklimiz sinüs ise bunun rms değeri sinyalin tepeden tepeye (peak to peak) değerinin $2\sqrt{2}$ bölümüne eşittir. Bu durumda yük üzerinde harcanan AC gücü:

$$P_{ac} = P_L(\max) = (V_{pp} \times I_{pp}) / (2\sqrt{2} \times 2\sqrt{2})$$

$$P_{ac} = P_L(\max) = (V_{pp} \times I_{pp}) / 8$$

Formülleri kullanılarak bulunur.

➤ Transistörün maksimum güç kaybı

Transistörlü bir güç yükselteci tasarlanırken o transistörün üzerinde harcanacak güç katalog değerinin üzerinde olmayacak şekilde tasarlanır. Bunun için kullanılan parametreler, katalogtan bulunan maksimum kollektör akımı I_{cmax} , maksimum kollektör gerilimi V_{cmax} , transistörün güç kaybı P_t değerleridir. Ayrıca transistörün AC yük doğrusu ile DC yük doğrusu arasında kalan bölgedeki alanda çalıştırılmasına dikkat edilir. Bu alana transistörün güvenli çalışma alanı denir. Transistör üzerindeki güç kaybını çok basit olarak aşağıdaki formüllerle de bulabiliriz.

$$P_t = I_c \times V_{ce}$$

Yükselteçleri genel olarak anlatmak çoğu zaman yetersiz kalmaktadır. Hatta genel bir yükseltecin çizimi bile tam olarak fikir vermez. Bunun nedeni yükseltecin türü ses frekans mı, yüksek frekans mı olduğu hem çizimi hem de açıklamasını çok değiştirir.

1.2.2. Kazanç Kontrol ve Kararlılık

Amplikasyon veya kazanç devreyi oluşturan elemanların özellik ve davranışlarına bağlıdır. Sıcaklık eleman değişimi gibi etkilerle kazançta değişebilir. Bu değişimi göstermek gayesiyle daha önce bulmuş olduğumuz geri beslemeli ve geri beslemesiz kazançlar arasındaki bağlantıdan faydalanarak amplikasyon duyarlılığı yüzde olarak ifade edilebilir.

Buradan hareketle

$|1 + \beta A| > 1$ olduğundan $|dA/A| > |dA_f/A_f|$ olması gerekir.

Bunun anlamı; çeşitli etkilerden dolayı oluşacak olan kazanç değişim yüzdesi geri besleme sayesinde daha küçük olmaktadır. Bunun sonucunda da kazanç sabit olacak ve kararlılık artacaktır.

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

Yani $A_{vf} = 1/\beta$ 'dir.

Kararlılık

Daha öncede belirttiğimiz gibi amplilerdeki geri besleme daima negatif geri beslemedir. Yani $(1 + \beta A) > 1$ 'dir.

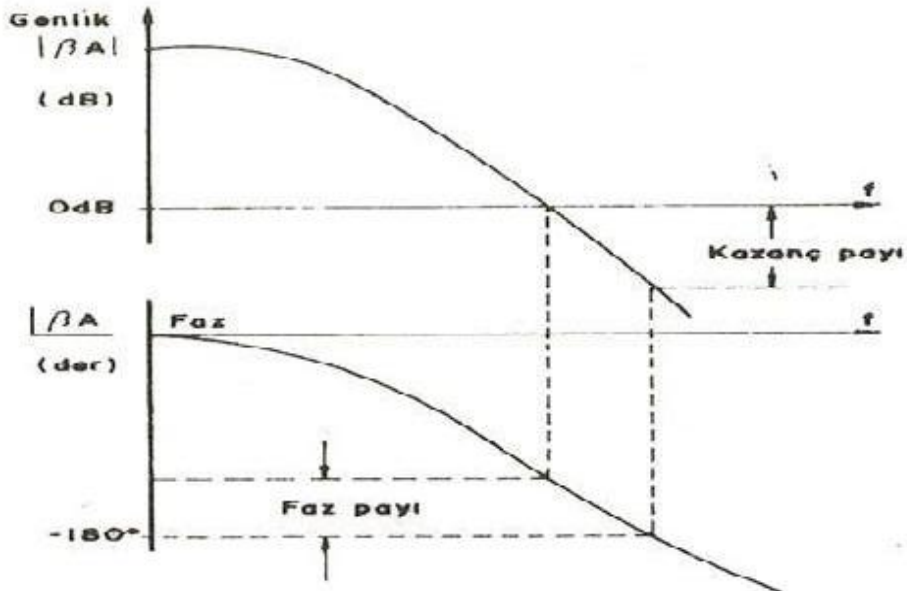
Seyrek olmakla beraber bazen pozitif geri beslemede kullanılır. Bu halde $(1+\beta A) < 0$ olduğundan geri beslemeli kazancı

$$(|A_f| = |A/(1 + \beta A)| > \text{daha büyük olmaktadır.}$$

Pozitif geribeslemede βA çevrim kazancı -1 değerine sahip olunca af inenliği sonsuz olur. Pratikte sonsuz büyük diye bir değer olmadığından bunun pratikteki anlamı sistemin osilasyon yapmasıdır. İşaret üreticilerinde böyle bir durum söz konusudur. Amplifierde ise osilasyon arzu edilmeyen bir çalışmadır. Bundan dolayı geri beslemenin daima negatif olması istenir. βA çevrim kazancı frekansa bağlı olarak değiştiğinden kompleks bir büyüklüktür. Belirli frekans aralığında negatif olan geri besleme, frekans aralığı değiştikçe pozitif geri besleme 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 $(1 + \beta A) A$ 'nın 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, incelenerek de 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 1.42'de çevrim kazancının ve fazının yüksek frekanslardaki değişimi gösterilmiştir.



Şekil1.41: Çevrim kazancının ve fazının yüksek frekanslardaki değişimi grafiği

Çevrim kazancının 1(veya 0 Db) olduğu andaki faz acısı ile -180 derece arasındaki fark faz payı ve fazın 180 derece olduğu andaki genlik ile 0 Db arasındaki farka da genlik payı adı verilir. Buradaki A kazancı ampli tipine bağlı olarak A_v , A_i , G_m veya R_m 'den biri olabilir. Kazanç ve fazın böyle gösterilmesine “Bode Diyagramı” adı verilir.

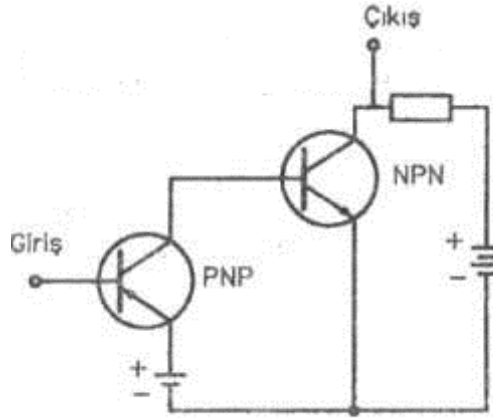
1.2.3. Kuplaj

Kuplaj, sinyalin bir kattan diğer kata aktarma işlemidir. Amplifikatörde kuplaj ise birinci yükselteç katında yükseltilecek sinyalin ikinci yükselteç katının girişine aktarma işlemidir. Bu işlemin en az kayıpla yapılması gerekmektedir.

➤ Direk kuplaj

Şekil 1.42’de iki PNP ve NPN transistör arasında direkt kuplaj hali görülmektedir. Transistörler emiteri ortak bağlantılı olarak çalışmaktadır. Birinin çıkış ucu diğerinin giriş ucuna doğrudan bağlanmıştır. Bunu yapabilmek için polarma gerilimlerinin uygun gelmesi gerekir.

İkinci transistörün giriş direnci birinci transistörün yük direnci olarak kullanılmaktadır. Bu tip bağlantı en ekonomik kuplaj şeklidir.



Şekil 1.42: Direk kuplajlı yükselteç katları.

İki önemli sakıncası vardır:

İki transistörün bağlantı uçlarındaki polarma gerilimlerinin eşit olması zorunluğu kullanma alanını daraltmaktadır.

Isı etkisinin fazla olması çalışma zorluğu yaratmaktadır.

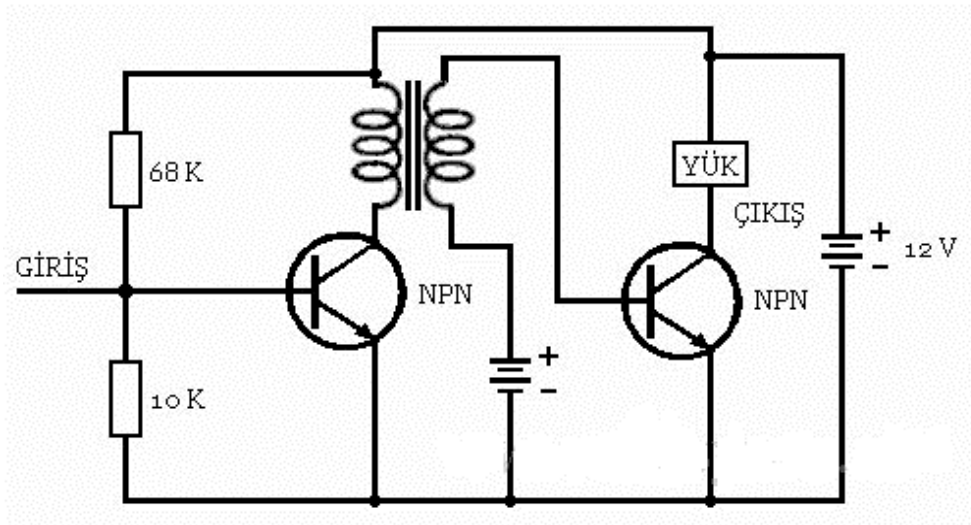
Örneğin,

1. transistörün kollektör akımı herhangi bir nedenle normalin üzerinde artarsa, bu artış
2. transistörü de etkileyerek onunda akım artışına neden olacaktır. Ve başka katlar varsa bu artışlar devam edecektir. Dolayısıyla da transistörde aşırı ısınma olacaktır.

➤ Transformatörlü kuplaj

Şekil 1.43'te transformatörlü bir kuplaj hali verilmiştir. Bu tip kuplaj şekli, iki transistör arasında empedans uygunluğu sağlaması bakımından en iyi bağlantı şeklidir.

Sakıncası şudur: Transformatörde bir miktar enerji kaybı olacaktır. Distorsiyon yapabilecektir. Ayrıca transformatör pahalıdır, çok yer tutar ve ısınır.

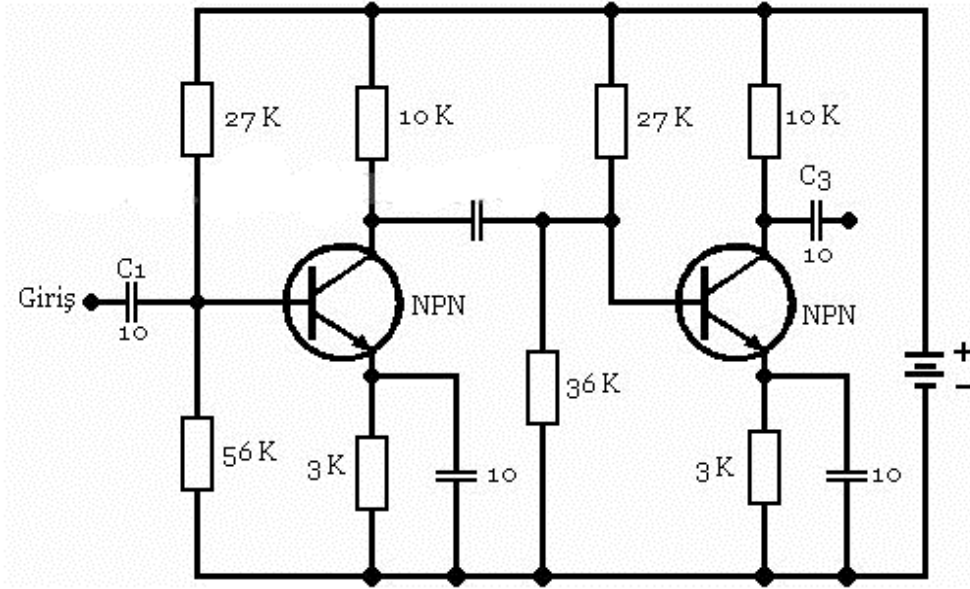


Şekil 1.43: Transformatörlü kuplaj

➤ Direnç - kondansatör kuplajı

İki transistör arasında DC geçişinin istenmediği hallerde ve yüksek frekanslarda R-C kuplajı uygulanmaktadır. (Bir örnek şekil 1.44'te verilmiştir.)

Şekilde de görüldüğü gibi, genellikle birinci transistörün kollektörü ikincisinin beyzine bağlanmıştır. Kollektör polarması beyz polarmasından, aradaki kondansatör DC etkileşimini önlemektedir.



Şekil 1.44: R-C Kuplajlı yükselteç

Sakıncası şudur: Kondansör her frekansı aynı oranda geçirmemektedir. Alçak frekanslardaki çalışma elektrolitik kondansatör tercih edildiğinden, bağlanırken (+) ucunun kollektör tarafına gelmesine dikkat etmek gerekir.

1.2.4. Empedans Uygunlaştırma

➤ Hoparlörlerin seri ve paralel bağlanması ve empedans uygunlaştırma

Hoparlörlerin iki tür ihtiyaç nedeniyle seri ve paralel bağlanmaları gerekebilir:

Bir hoparlör kabini tiz ve baz sesler için ayrı hoparlörlerin kullanılması gerektiğinde,

Tek yükselteçten yararlanarak değişik yerlerde yayın yapılması gerektiğinde,

Bütün bu bağıntılarda şu noktaya dikkat etmek gerekir:

Hoparlörlerin toplam empedansı, yükseltecin çıkış empedansına uygun olmalıdır.

Toplam empedans çok küçük olursa, yükselteç kısa devre durumuna düşerek gerek kendisine gerekse hoparlörlere zarar verebilir.

Toplam empedansın çok büyük olması halinde de gereken randıman alınamayacaktır.

➤ **Bir hoparlör kabiniinde tiz ve bas seslerin ayrımı**

Hoparlör kabiniinde TİZ-BAS ayrımı için iki veya daha fazla hoparlör kullanılabilir.

Bunlar ihtiyaç durumuna göre paralel ve seri bağlanırlar.

Ses frekansının hoparlöre yöneltilmesi ayrımı ise, filtreler ile yapılır.

Örnek;

Şekil 1.45 (a)'da görüldüğü gibi, paralel bağlı iki hoparlörden BAS sesler için kullanılacak hoparlörün girişine seri olarak bir endüktans bobini bağlanır.

$$Z_L = \sqrt{R^2 + (2\pi fL)^2}$$

Bağıntısına göre, bobin alçak frekanslarda yalnızca OMİK direnç etkisi gösterir. Yüksek frekanslarda ise büyük empedans verir.

Tiz sesler için kullanılan hoparlörün girişine de yine seri olarak bir kondansatör bağlanır. Bu kondansatör:

$$Z_C = \sqrt{R^2 + 1/(2.f.C.L)^2}$$

Bağıntısına göre, alçak frekanslarda büyük direnç, yüksek frekanslarda ise, küçük direnç gösterir.

Şekil 1.45, şekil 1. 46 ve şekil 1.49'da kabin hoparlörlerinin bağlantılarına ait değişik örnekler verilmiştir. Bu örnekteki self ve kondansatörlerin özel hesaplama yöntemleri vardır.

Kabin hoparlörleri dışındaki bağlantılarda, bir bina içerisindeki 2 veya 3 odaya aynı yükselteçten beslenen seri bağlantı veya bir şehir seslendirmesinde aynı güzergâhtaki hoparlörlerin paralel bağlantısı yapılabilir.

Bağlantılarda hoparlörlerin polarma yönüne dikkat etmek gerekir. Birinin mambranı içine girerken diğerinin ki dışarıya doğru giderse, sesler birbirini yok edebilir.

Aynı yönde çalışacak şekilde bağlantı yapabilmek için gerekirse bir DC gerilim kaynağı ile çalışma yönleri belirlenir.

Bu tür bağlantılarda, daha önce belirtildiği gibi birinci şart hoparlör toplam empedansının yükselteç çıkış empedansına eşit olmasıdır. Bir miktar büyük olabilir. Ancak küçük olmaması gerekir. Hat trafosu koyarak veya seri ve paralel direnç bağlaması yaparak bu denkliği sağlamak gerekir.

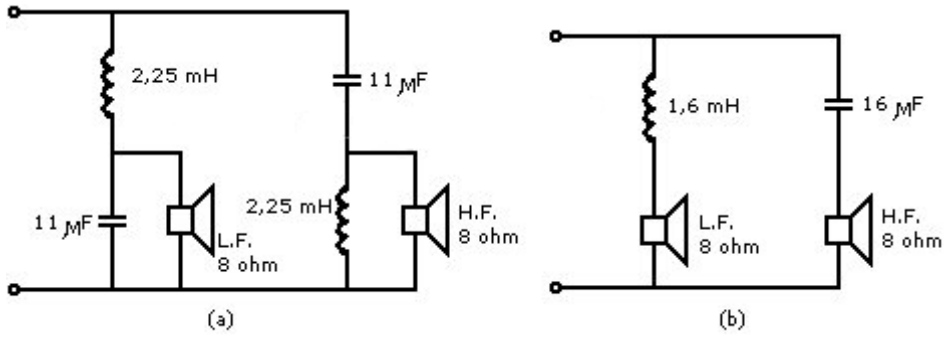
Bunun yanı sıra, güç dengesi de sağlanmalıdır. Yükseltecin belirli bir gücü vardır. Bu gücün üzerinde yapılacak bağlantıyı besleyemeyeceğinden hoparlörler istenilen randımanı vermeyecektir.

Paralel bağlantılarda hoparlör empedansının eşit olmasına dikkat edilmelidir.

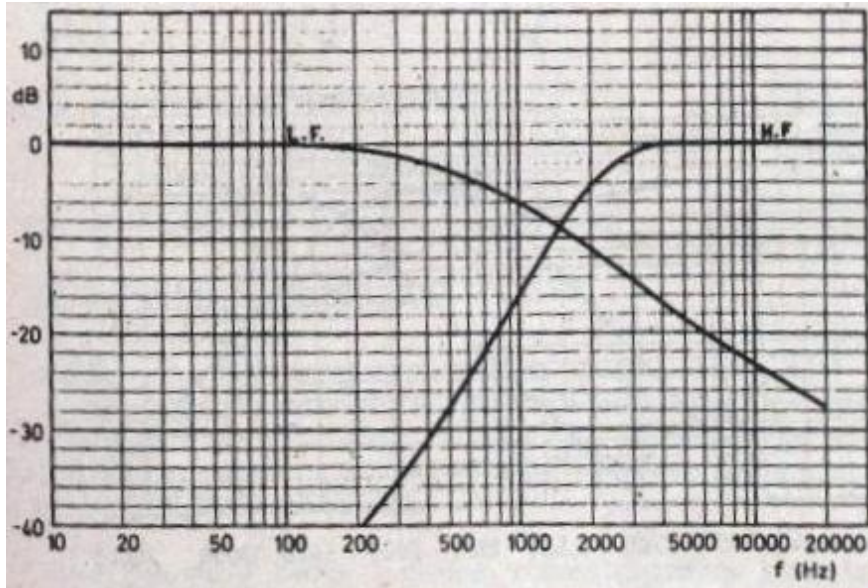
Şekil 1.45 ve 1.46'da değişik bağlantı hallerindeki frekans karakteristikleri gösterilmiştir.

Bu karakteristik eğrilerinde, hoparlörlerin düzgün çıkış verdiği belirli bir frekans bölgesindeki güç seviyesi, "0 db" olarak kabul edilmiştir. Bu güce göre daha düşük olan güç seviyeleri de "-db" olarak gösterilmiştir.

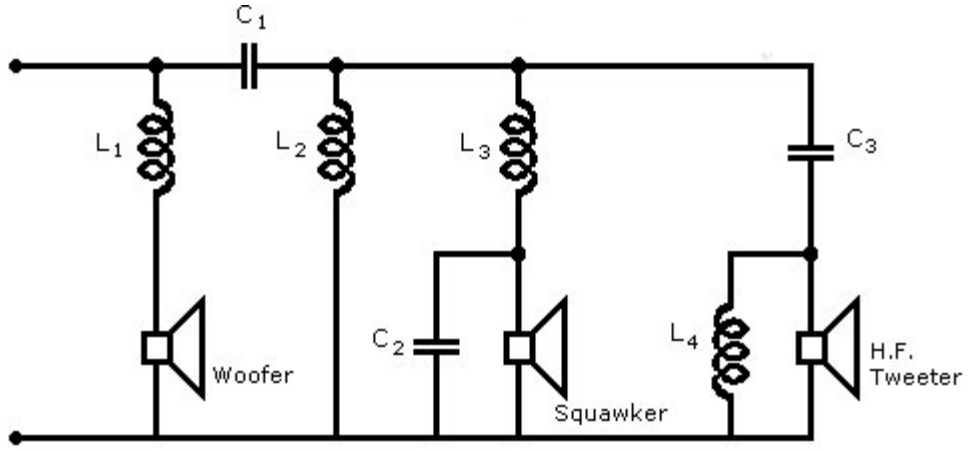
➤ **Hoparlör kabininde seri ve paralel bağlantılar**



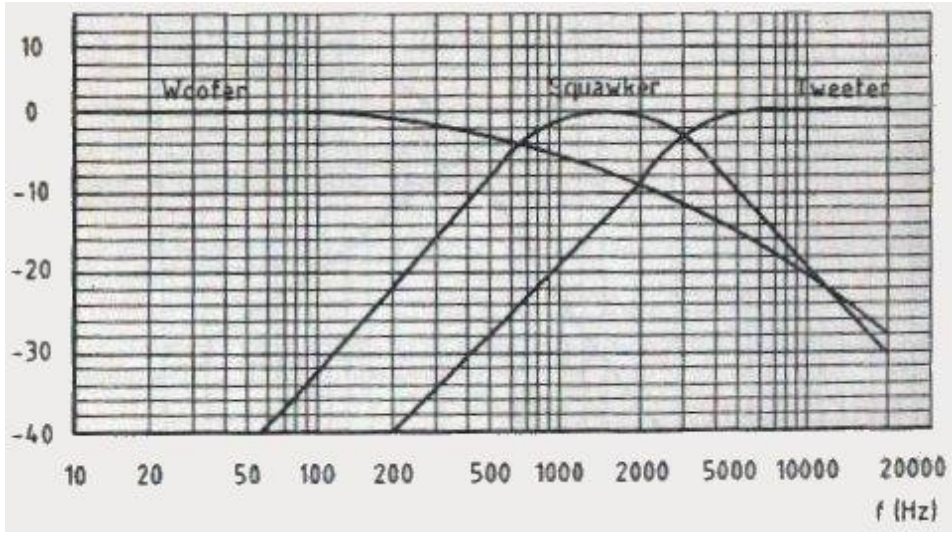
Şekil 1.45 - İki alçak frekans (L.F.) ve yüksek frekans (H.F.) hoparlörün paralel bağlanması
a) zayıflama 6 db/octave b) zayıflama 12 db/octave



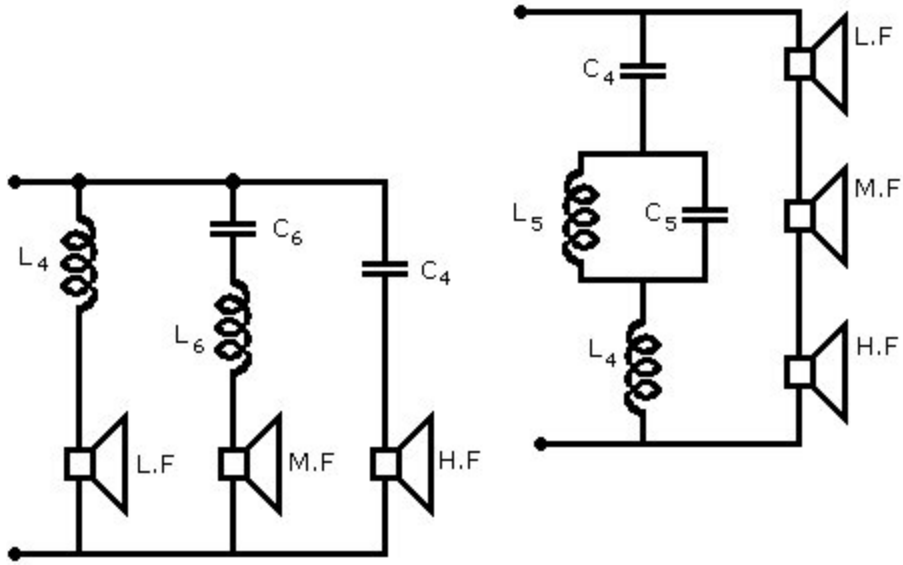
Şekil 1.46 ve şekil 1.45'te verilen devredeki hoparlörlerin frekans karakteristikleri



Şekil 1.47 : Üç kabin hoparlörün paralel bağlantısı



Şekil 1.48 ve Şekil 1.47'deki hoparlörlerin frekans karakterisitkleri



Şekil 1.49: Eşdeğer seri ve paralel bağlı üçlü hoparlör

1.2.5. Distorsiyon

Bozulma, değişikliğe uğrama, girişe uygulanan ya da üretilen sinyalin orijinal dalga şeklinde bulunmayan özelliklerin çıkışta meydana gelmesi. Distorsiyon, amplikasyon sistemlerinde önemli bir problemdir. Arzu edilmez.

Çeşitleri şunlardır: Genlik, atenuasyon, geçiş, gecikme, sapma, harmonik, içmodülasyon, lineer olmayan, faz, optiksel, aralık distorsiyonlarıdır.

➤ Hoparlörlerin distorsiyonu

Aşağıda belirtilen hususlardan dolayı ses yayınında distorsiyon oluşmaktadır.

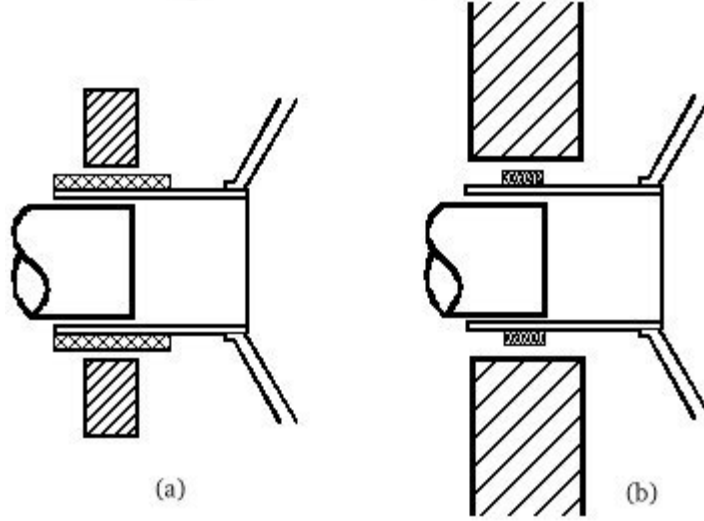
- Mambran kâğıdının homojen olmayışı
- Mambranı tutan askı malzemesinin homojen olmayışı
- Hoparlör empedansının yükselteç çıkış empedansına uygun olmaması
- Elektriksel AC beslemenin distorsiyonlu olması
- Bobinin sabit mıknatıs eninden daha geniş veya daha dar olması

Şekil 1.51'de bobinin sabit mıknatıs eninden daha geniş ve daha dar olduğu durumlar gösterilmiştir.

Distorsiyon olmaması için şu bağıntının bulunması gerekir:

Bobin sarım sayısı * fluks alanı = sabit sayı

Bobin mıknatıs kesitinden geniş olursa bir kısım sargısı daha az kuvvet çizgisi etkisi altında kalacaktır. Dar bobin ise kuvvet çizgisinin bir kısmının boş alanda kalmasına neden olacaktır. Her iki halde de yukarıdaki sabit değer bozulacağından distorsiyon olacaktır.



Şekil 1.50: Distorsiyona neden olan bobin boyları.

a: geniş bobin b: dar bobin

UYGULAMA FAALİYETİ

Emiterli ortak DC yükselteç devresini kurarak çalıştırınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Ortak emiterli yükselteç devresi kurunuz.	➤ Şekil 1.5 emiterli ortak tipik bir DC yükselteç devresi ni kurunuz. ➤ Gerekli ölçümleri yaparak giriş ve çıkış değerlerini karşılaştırınız.
➤ Devrenin emiter beyz ve kolektör akımlarını osilaskopla ölçünüz.	➤ Devrenin emiter beyz ve kolektör akımlarını osilaskopla ölçerek kaydediniz.
➤ Amplifikatör devresinin verimini ölçünüz.	➤ Yaptığınız devrenin verimini ölçünüz.
➤ Amplifikatör devresinin gerekli empedans uygunlaştırmasını yapınız.	➤ Yapılan ölçümlerin doğrultusunda gerekli empedans değerlerini hesaplayınız.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütü	Evet	Hayır
1. Ortak emiterli yükselteç devresi kurabildiniz mi?		
2. Devrenin emiter beyz ve kolektör akımlarını osilaskopla ölçebildiniz mi?		
3. Amplifikatör devresinin verimini ölçebildiniz mi?		
4. Amplifikatör devresinin gerekli empedans uygunlaştırmasını yapabildiniz mi?		

KONTROL LİSTESİ

Değerlendirme sonunda “**Hayır**” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “**Evet**” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki cümleleri dikkatlice okuyarak boş bırakılan yerlere doğru sözcüğü yazınız.

1. Emiteri ortak yükselteç kullanılanyükselteç türüdür.
2. Akım kazancı, çıkış akımının giriş akımına..... ile bulunur
3. Junction field effect transistör'e kısaca.....denir.
4. Field Effect Transistör ya da kısaca bilinen adı iledır.
5. Metal Oxide Silicon Field Effect Transistör yada kısaca bilinene adı iledır.
6. Güç verimi, bir yükseltecin yük üzerinde harcanan gücün,çekilen güce oranına denir.
7. Kuplaj, sinyalin bir kattanaktarma işlemidir.
8. Bozulma, değişikliğe uğrama, girişe uygulanan ya da üretilen sinyalin orijinal dalga şeklinde bulunmayan özelliklerin çıkışta meydana gelmesine.....denir.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-2

AMAÇ

Öğrenci bu modülle gerekli atölye ortamı sağlandığında; amplifikatör devrelerini kurabilecek ve arızalarını giderebilecektir

ARAŞTIRMA

- Amplifikatörleri kavram ve çeşitlerini araştırınız.
- Günlük hayatınızda karşılaştığınız amplifikatörleri ders ortamında paylaşınız.
- Öğretmeninizden bulduğunuz Amplifikatörlerin isimlerini öğreniniz.
- Topladığınız bilgileri bir rapor haline getiriniz.

2. GÜÇ AMPLİFİKATÖRLERİ

2.1.Güç Amplifikatör Sınıfları

➤ Güç yükselteç tipleri

Yükselteçlerin sınıflandırılması yapılırken de belirtildiği gibi, güç yükselteçleri kalabalık bir bölümü oluşturmaktadır.

Güç yükselteçleri şöyle gruplandırılır

- A sınıfı güç yükselteçleri
- B sınıfı güç yükselteçleri
- AB sınıfı güç yükselteçleri
- simetrik yükselteçler
- C sınıfı güç yükselteçleri

Güç yükselteçlerinin genel özellikleri

- Büyük akımlarda çalışırlar.
- Isınmaları fazla olduğundan, gövdeleri metal kaplı ve büyüktür.
- Kollektör genellikle gövdeye bağlanır.
- Çoğunlukla güç sarfiyatlarıyla orantılı olarak büyüyen soğutuculara monte edilir.

Güç yükselteçleri genellikle, en büyük güç kazancı veren "emiteri ortak bağlantı" da çalıştırılır.

Şekil 2.1 (a)'da, A, AB, B, ve C sınıfı güç yükselteçlerine ait v_b sinüzoidal giriş gerilim ve i_c sinüzoidal kollektör akımlarındaki değişimler ile, V_{BE} gerilimine göre, Q_1 , Q_2 , Q_3 , Q_4 çalışma noktaları gösterilmiştir.

Şekil 2.1(b)'de ise, değişik yükselteçlerin, yük doğrusu üzerindeki Q_1 , Q_2 , Q_3 , çalışma noktaları işaretlenmiştir. Q_4 çalışma noktasında kollektör akımı olmadığından burada Q_4 gösterilmemiştir.

A, AB, B, C sınıfı çalışmalar şöyle sınıflanmaktadır:

Şekil 2.1 ve 2.2'den takip edilirse

Beyze uygulanan v_b sinüzoidal işaret geriliminin genliği V_{Bmak} olsun. V_{BE} polarma gerilimi ve V_{Bmak} 'nin büyüklüğüne ve işaretine bağlı olarak, değişik Q çalışma noktaları oluşmaktadır. V_{BE} polarma gerilimleri ve bunun üzerine bindirilen v_b sinüzoidal gerilimleri Şekil 6.45 (a)'da V_{BE} eksenini altında gösterilmiştir.

Buna göre, A, B, AB ve C sınıfı çalışmalarda belirtilmiştir. Girişteki her V_{BE} polarma gerilimi büyüklüğüne göre çıkıştan akan I_C DC akımı, ve v_b 'lere göre değişen i_c akımları da V_{BE} ekseninin üst tarafında gösterilmiştir.

C sınıfı yükselteçte, V_{BE} gerilimi, normal polarma gerilimine göre ters işaretli olup, bu durumda transistör, kesimdedir. Dolayısıyla Q_4 gibi hayali bir çalışma noktası vardır.

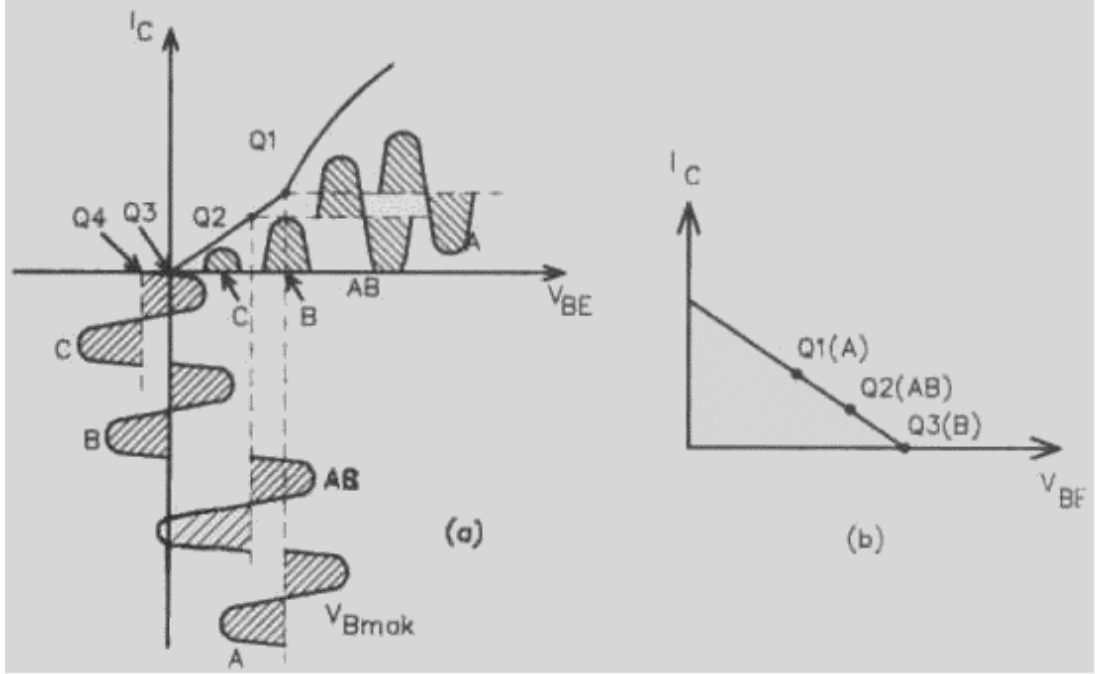
Uygulanan gerilimlere ve Q çalışma noktalarına göre, güç yükselteçleri, şöyle gruplandırılmıştır:

A sınıfı güç yükselteci, çalışma noktası Q_1 , yük doğrusu ortasındadır. $V_{Bmak} < V_{BEQ1}$ 'dir. AC giriş gerilimi v_b ve AC kollektör akımı i_c tam sinüzoidaldir.

B sınıfı çalışma, çalışma noktası Q_3 , yük doğrusu ile V_{CE} eksenini kesim noktasındadır. $V_{BEQ3} = 0$ 'dir. $V_{CE} = V_{CC}$ 'dir. v_b ve i_c yarım periyotluk sinüzoidaldir. v_b 'nin tek alternansında çalışma olur.

AB sınıfı çalışma, çalışma noktası Q_2 , yük doğrusu üzerinde, Q_1 ve Q_3 'ün ortasıdır. $V_{Bmak} > V_{BEQ2}$ 'dir. V_b ve i_C kesik sinüzoidaldir. v_b 'nin bir alternansı tam etkili diğer alternansı yarım etkilidir.

C sınıfı çalışma, çalışma noktası Q_4 yoktur. $V_{Bmak} > -V_{BE}$ olunca çalışma olur. V_{BE} ters polarmalıdır. i_C sinüzoidalın küçük bir parçası şeklindedir. Yani i_C darbeli akar.



Şekil 2.1: Değişik güç yükselteçlerinin çalışma noktaları ve i_C akımları. a- (V_{BE} , i_C) değerleri, b- yük doğrusu ve çalışma noktaları

2.1.1. A Sınıfı Amplifikatörler

A sınıfı güç yükselteçleri iki ana gruba ayrılır:

- Çıkışı bir yük direnci üzerinden yapılan yükselteçler. Bunlara, kısaca “Direnç Çıkışlı Yükselteç” denir.
- Çıkışı bir kuplaj transformatörü üzerinden yapılan yükselteçler. Bunlara da, “Transformatör Çıkışlı veya Transformatör Kuplajlı Yükselteç” denir.

Çıkışı yük direnci üzerinden yapılan a sınıfı yükselteci

- **Polarma**

Şekil 2.2'de çıkışı, R_C yük direnci üzerinden yapılan A sınıfı bir güç yükselteci verilmiştir.

Şekil 2.2'deki devrenin, polarma şekli, beslemenin tek kaynaktan yapıldığı, yani, Birleşik Polarma adı verilen bağlantı düzenidir.

➤ **A sınıfı güç yükseltecinin tipik özellikleri**

Giriş devresi R_B direncinin büyük olmasıdır.

Böylece, işaret kaynağına ait v_i , işaret gerilimindeki değişim, transistöre i_b akımı değişimi şeklinde yansımaktadır.

R_C hem yük direnci hem de polarma direncidir.

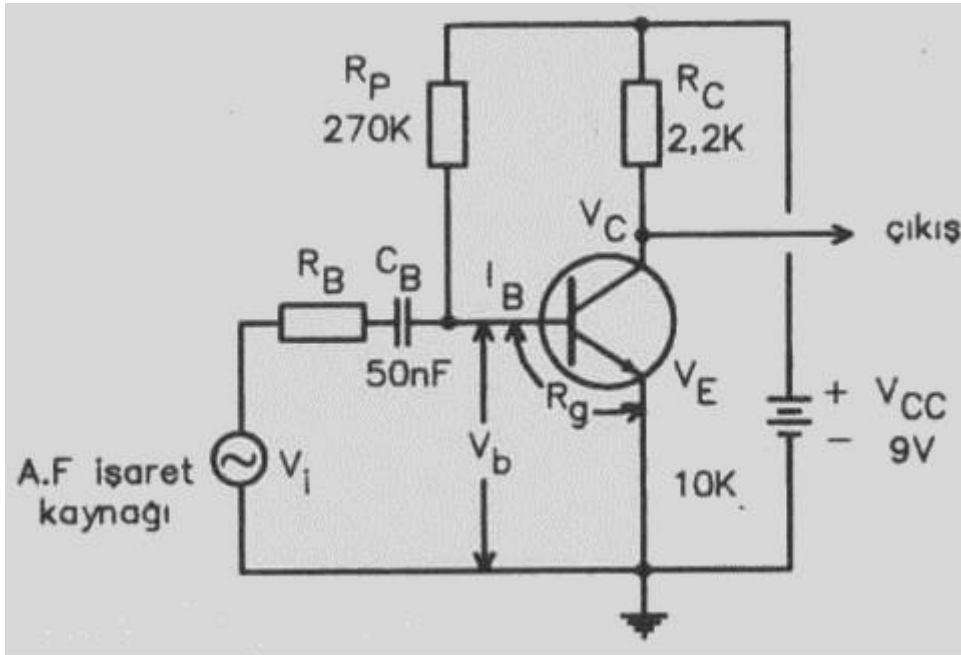
Yükseltilmiş işaret gerilimi bu direnç üzerinden alınmaktadır.

AC çıkışta, V_{CC} kaynağı kısa devre olmaktadır.

Yükseltilmiş AC gerilimin distorsiyonsuz ve mümkün olduğu kadar büyük genlikli olması için Q çalışma noktası yük doğrusunun ortasında seçilir.

Böylece: $V_C = V_{CC} / 2$ olur.

Ayrıca, Şekil 2.2’de emiter direnci bulunmadığından $V_C = V_{CE}$ 'dir.



Şekil 2.2: Çıkışı yük direnci üzerinden yapılan A sınıfı güç yükselteci devresi.

R_C ve R_P polarma dirençlerinin hesaplanması, A sınıfı gerilim yükselteçlerin de olduğu gibidir.

➤ **Bilinen değerlerle kollektör akımının hesaplanması**

Şekil 2.2 örneğinde A sınıfı çalışma nedeniyle, Q çalışma noktası yük doğrusunun tam ortasında seçilmiş olduğundan

Kollektör polarma gerilimi: $V_{CQ} = V_{CC} / 2 = 9 / 2 = 4,5$ voltur.

Kollektörden, sükûnette akan akım: $I_C = 4,5 / 2200 = 0,002A = 2mA$ 'dır.

Böyle bir kollektör akımı yaratacak I_B polarma akımının hesabı

Şekilden takip edilirse

Kirchof kanununa göre

$V_{CC} = I_B \cdot R_p + V_{BE}$ 'dir. Buradan; $I_B = (V_{CC} - V_{BE}) / R_p$ olur.

Değerler yerine konursa: $I_B = 9 - 0,6 / 270.10^3$ 'den, $I_B = 31 \mu A$ 'dir.

I_B ve I_C değerlerinden giderek akım kazancı

$\beta = I_C / I_B = 2 / 31.10^{-3}$ 'den $\beta = 64,5$ olur.

β akım kazancı bilinen bir transistör kullanılmışsa ve I_C değeri de biliniyorsa yukarıda yapılan işlemlere benzer şekilde R_C ve R_p dirençleri bulunabilir.

Önemli not:

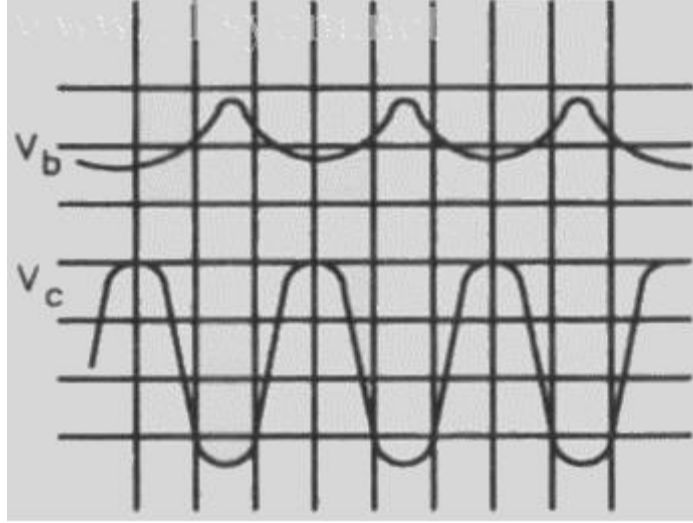
Görüldüğü gibi, bir "A" sınıfı yükselteç girişine herhangi bir AC işaret gerilimi uygulanmasa da devresinden sürekli olarak I_B ve I_C gibi polarma akımları akmaktadır. Bu tür çalışma sakıncalı bir uygulama şeklidir.

➤ **Güç yükseltecinin akım kumandalı olarak çalışması**

Şekil 2.2'den takip edilirse; AC işaret kaynağının iç direnci ile buna seri bağlı bir akım ayarlama direncinin toplamından oluşan veya bir önceki katın çıkış devresine ait olan R_B direnci, transistörün giriş direncine göre oldukça büyük seçilir.

Böylece v_b gerilimi Şekil 2.3'de görüldüğü gibi distorsiyonlu da olsa, i_b akımı, işaret kaynağının AC sinüzoidal değişimini tam takip eder. Bu da çıkışa yansımakta ve i_c 'de sinüzoidal olmaktadır. Dolayısıyla, v_c çıkış gerilimi de Şekil 2.3'te görüldüğü gibi sinüzoidal olur.

Burada bir kere daha, transistörün özellikle de güç transistörlerinin akım esasına göre çalıştığı belirlenmektedir.



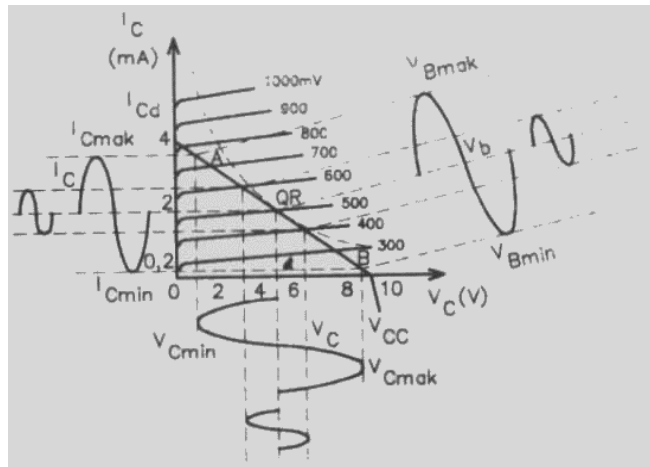
Şekil 2.3: Genliği büyük giriş işaretiyle çalıştırılan transistörde beyz gerilimi (V_b), kollektörünkine göre (V_c) çok distorsiyonludur.

➤ **A sınıfı güç yükseltecinin karakteristikleri**

Şekil 2.4'te çıkışı bir yük direnci üzerinden yapılan A sınıfı güç yükseltecine ait çıkış karakteristik eğrisi verilmiştir. Bu karakteristik eğrisinde girişe uygulanan v_b gerilimindeki değişime bağlı olarak, i_c akımındaki, ve v_c kolektör gerilimindeki değişimler gösterilmiştir.

Transistörü maksimum güçte çalıştırabilmek için, şekilde görüldüğü gibi yük doğrusu, maksimum güç eğrisine teğet çizilmiştir. Yine şekilde görüldüğü gibi değişik genlikte v_b giriş gerilimi ve dolayısıyla da I_b giriş akımı uygulansa da Q çalışma noktasının yeri hep sabit kalır. Çıkıştaki I_c ve v_c değişimleri Q'nun iki yanında ve yük doğrusu boyunca salınır.

Şekil 2.4'deki karakteristik eğrisinden yararlanılarak, β akım kazancı bilindiği takdirde transistörün giriş ve çıkış dirençlerini, gerilim ve güç kazancını bulmak mümkündür.



Şekil 2.4: Direnç çıkışlı A sınıfı güç yükseltecinin çıkış karakteristik eğrisi

➤ **Direnç çıkışlı A sınıfı güç yükselteci veriminin hesabı**

Verim, üretilen gücün, çıkıştan alınabilme oranıdır.

Diğer bir deyimle, çıkış gücünün, besleme kaynağından çekilen güce oranıdır.

Bu oran, besleme kaynağı gücünden ne derece yararlanılabildiğini gösterir.

Yüzde (%) olarak ifade edilir.

Verim genellikle Eta (η) harfi ile gösterilir.

Verim hesabı aşağıda verilen iki formülle de yapılabilir:

$$\% \text{ Verim}(\eta) = [\text{Çıkış Gücü} (P_C) / \text{Kaynaktan Çekilen Güç} (P_K)] * 100$$

veya

$$\text{Verim}(\eta) = [\text{Çıkış Gücü} (P_C) / \text{Kaynaktan Çekilen Güç} (P_K)] \text{ Sonuç yine "\%" çıkar.}$$

Burada bir devrede hizmet veren bir yükseltecin incelenmesi konu edildiğinden, çıkış gücü denirken doğal olarak AC değerler düşünülmektedir. Bundan dolayı da efektif değerler ile işlem yapılır.

Ancak aşağıdaki örneklerden de görüleceği gibi, çıkıştaki AC akım (I_C) ve gerilim (V_C) tam sinüzoidal değilse, maksimum ve minimum değerlerin farkı alınarak da işlem yapılır.

Verim, normal çalışma halindeki çıkış değerleri ile hesap edilebileceği gibi, maksimum verimi belirleme bakımından maksimum çıkış değerleri ile de hesap edilir.

Hesaplamalarda, şu hususları göz önünde bulundurmamak gerekir:

- Normal çıkış gücünde çalışma halinde, çıkış distorsiyonsuz olur. Buna karşılık verim düşüktür.
- Maksimum güçte çalışma halinde ise, çıkış gerilim ve akımında bir miktar bozulma (distorsiyon) olur. Ancak, verim maksimumdur.

Aşağıda örnek olarak maksimum verimi belirlemek için, maksimum güç değerleri ile hesap yapılacaktır.

➤ **Maksimum çıkış gücünün hesabı**

Şekil 2.4 'teki karakteristik eğrisine göre maksimum çıkış gücünü hesaplayabilmek için, büyük sinüs eğrilerinden yararlanılacak.

I_C ve V_C sinüs eğrileri tam simetrik olmadığından, maksimum ve minimum değerlere göre hesap yapılır.

Buna göre, direnç çıkışlı için maksimum güç ifadesi şöyle olur:

$$P_{\text{ÇRm}} = V_{\text{Cef}} \cdot I_{\text{Cef}} = [0,707 \cdot (V_{\text{Cmak}} - V_{\text{Cmin}}/2)] \cdot [0,707 \cdot (I_{\text{Cmak}} - I_{\text{Cmin}}/2)]$$

Şekil 2.4 'den;

$$V_{\text{Cmak}} = V_{\text{CC}}, V_{\text{Cmin}} = 0, I_{\text{Cmak}} = I_{\text{Cd}} = I_{\text{Cm}}, I_{\text{Cmin}} = 0 \text{ olup}$$

$$P_{\text{ÇRm}} = [(0,707)^2 (V_{\text{CC}} \cdot I_{\text{Cm}}/4)] \text{ olur.}$$

Şekil 6.48'e göre: $V_{\text{CC}} = 9\text{V}$, $I_{\text{Cm}} = 4.10^{-3} \text{ A}$ 'dır.

Bu değerler $P_{\text{ÇRm}}$ bağıntısından yerlerine yazılırsa: $P_{\text{ÇRm}} = 4,5 \text{ mW}$ olur.

Besleme kaynağından çekilen güç (P_K)

Besleme kaynağından çekilen akım, Q çalışma noktasına ait olan I_{CQ} kollektör akımı ile I_{BQ} beyz akımıdır.

Beyz akımı, kollektör akımı yanında ihmal edilebileceğinden, hesaplamada yalnızca I_{CQ} kullanılır:

$$P_K = V_{\text{CC}} \cdot I_{\text{CQ}} = 9 \cdot 2.10^{-3} = 18 \text{ mW 'dir.}$$

Yukarıda bulunan değerler verim bağıntısında yerine konulursa

Direnç çıkışlı A sınıfı güç yükseltecinde maksimum verim

$$\eta_M = P_{\text{ÇRm}} / P_K = 4,5/18 = \% 25 \text{ olur.}$$

Görüldüğü gibi, direnç çıkışlı A sınıfı güç yükseltecinde ulaşılacak maksimum verim % 25 olmaktadır.

Çıkışı bir kuplaj transformatörü üzerinden yapılan A sınıfı güç yükselteci

A sınıfı yükselteçlerde, verimi arttırmak için yük direnci, şekil 2.5 (a)'da görüldüğü gibi bir transformatör üzerinden yükseltece bağlanır. Bu bir transformatörlü kuplaj şeklidir.

Böyle bir durumda DC ve AC olmak üzere iki tip yük doğrusu oluşur.

➤ **Transformatörlü kuplajda DC yük doğrusu**

Transformatörlü bağlantı şeklinde, transformatör sargısı DC akıma karşı çok küçük direnç gösterdiğinden, DC yük doğrusu, Şekil 2.5 (b)'de görüldüğü gibi, 90 dereceye yakın dikeydir.

Bu durum şöyle açıklanır:

Yük doğrusunun eğim açısına yani yatayla yaptığı açıyla " α " (alfa) diyelim.

α ile, yük direnci arasında şu bağıntı vardır:

Yük Doğrusu Eğimi: $Tg\alpha = I_{Cm} / V_{CC} = 1/R_L$ 'dir.

Burada R_L yerine transformatör primer sargısının DC direnci gelmekte olup çok küçük değerlidir.

Trafonun primer DC direncine R_{TDC} diyelim,

Eğer, $R_{TDC} = 0$ olsaydı; $Tg\alpha = 1/0 = \infty$ ve $\alpha = 90^\circ$ olurdu.

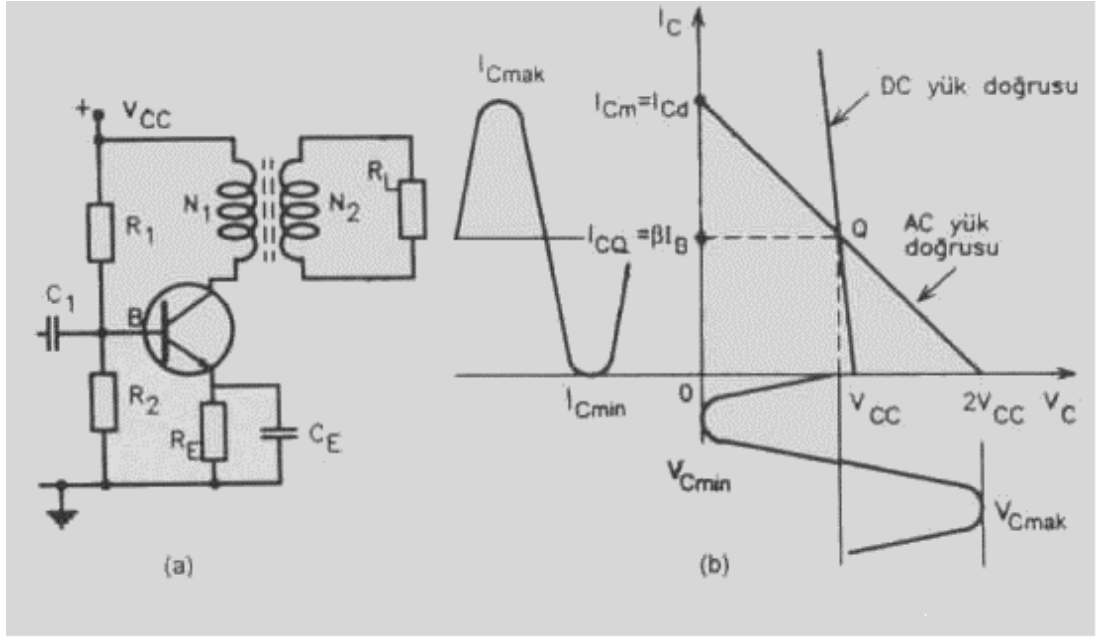
$\alpha = 90^\circ$ demek yük doğrusu dikey durumdadır demektir.

R_{TDC} tam sıfır olmadığından, yük doğrusu da tam dikey değildir. Şekil 2.5 (b)'de görüldüğü gibi dikeye yakındır.

Burada, açıklama kolaylığı bakımından, DC yük doğrusu dikey olarak kabul edilecektir.

➤ **Transformatörlü kuplajda AC yük doğrusu**

Şekil 2.5 (b) 'de görüldüğü gibi, AC yük doğrusu ile DC yük doğrusu Q çalışma noktasında kesişmektedir. Böyle olmak mecburiyetindedir. Zira sistem her iki yük doğrusuna göre d Şekil 2.5 (b) 'de görüldüğü gibi, AC yük doğrusu ile DC yük doğrusu Q çalışma noktasında kesişmektedir. Böyle olmak mecburiyetindedir. Zira sistem her iki yük doğrusuna göre de çalışmaktadır.



Şekil 2.5 : RL yük direnci transformatör üzerinden bağlı olan A sınıfı yükselteç

(A) devre şeması

(B) DC ve AC yük doğruları

➤ **Transformatörlü kuplajda AC yük doğrusunun çizilişi**

Bir doğrunun çizilmesi için en az iki noktanın bilinmesi gerekir.

AC yük doğrusunun çiziminde şu iki nokta belirlidir:

- Q çalışma noktası DC yük doğrusu üzerindedir. AC yük doğrusu da bu noktadan geçecek. Ancak, şu anda yeri belli değildir.
- DC yük doğrusu V_{CC} noktasından çıkan dik doğru olduğuna ve Q çalışma noktası da bu doğru üzerinde bulunduğuna göre, AC kollektör gerilimi v_c , Şekil 2.5'te görüldüğü gibi V_{CC} değerinin iki yanında salınacaktır. Maksimum salınma genliği, distorsiyon dikkate alınmazsa, $0-2 V_{CC}$ gerilim değerleri arasında olur. Bu durum AC yük doğrusunun $2 V_{CC}$ noktasından başladığını gösterir.

Q noktasının yerini tam belirlemek için şu bilgilerden yararlanılır:

Şekil 2.5 (a)'ya dikkat edilirse, " V_{CC} - R_1 - R_2 -toprak" yolu hem DC'de hem de A 'de aynıdır. Yani I_B polarma akımı sabittir.

Çalışma noktasını belirleyen I_{CQ} akımı, $I_{CQ} = \beta I_B$ olarak bellidir.

Diğer bir yoldan, R_{TDC} ve R_E hesaplamalara dâhil edilirse

$I_{CQ} = V_{CC} / (R_{TDC} + R_{CE} + R_E)$ bağıntısı ile de I_{CQ} bulunabilecektir,

O halde, I_C ekseninde I_{CQ} değeri işaretlenerek, buradan bir yatay doğru çizilirse, bu doğru, DC yük doğrusunu Q noktasında keser. AC yük doğrusu da Q noktasından geçeceğine göre ve ikinci nokta da, $2V_{CC}$ olduğuna göre, $2V_{CC}$ ile Q noktaları birleştirilirse, AC yük doğrusu çizilmiş olur.

Bu bilgilerden sonra, transformatör çıkışlı bir A sınıfı güç yükseltecinin, veriminin hesabı kolaylaşacaktır.

➤ **Transformatörlü kuplajda verim hesabı**

Burada alınabilecek maksimum çıkış gücüne göre verim hesabı yapılacaktır Bunun için önce, maksimum çıkış gücünün hesaplanması gerekmektedir.

Transformatörlü kuplajda maksimum çıkış gücünün hesabı (P_{CTRm})

Transformatöre verilen güç:

$P_{\check{C}} = V_{Cef} \cdot I_{Cef} = 0,707 V_{Cm} \cdot 0,707 I_{Cm} = V_{Cm} / \sqrt{2} \cdot I_{Cm} / \sqrt{2} = 1/2 (V_{Cm} \cdot I_{Cm})$ 'dir.

Buradaki, V_{Cef} ve V_{Cm} transformatörün kollektöre bağlı ucu ile toprak arası AC gerilime ait değerlerdir.

AC işaretler, tam sinüzoidal değil ise; V_{Cm} ve I_{Cm} yerine, tepeden tepeye değerlerinin yarısı, yani $1/2 (V_{Cmak} - V_{Cmin})$ ve $1/2 (I_{Cmak} - I_{Cmin})$ alınır.

Buna göre şekil 2.5'ten takip edilirse

$V_{Cmak} = 2V_{CC}$, $V_{Cmin} = 0$ 'dır.

$V_{Cef} = 2V_{CC} / 2\sqrt{2} = V_{CC}/\sqrt{2}$ 'dir.

Benzer şekilde

$I_{Cmak} = I_{Cd} = I_{Cm}$ ve $I_{Cmin} \rightarrow 0$ 'dan $I_{Cef} = I_{Cd} / 2\sqrt{2} = I_{Cm} / 2\sqrt{2}$ 'dir.

Transformatör kuplajlı maksimum AC çıkış gücüne, P_{CTRm} diyelim:

$P_{CTRm} = V_{Cef} \cdot I_{Cef} = V_{CC} / \sqrt{2} \cdot I_{Cm} / 2\sqrt{2} = V_{CC} \cdot I_{Cm} / 4$ veya $I_{Cm} = 2I_{CQ}$ yazılırsa,
 $P_{CTRm} = V_{CC} \cdot I_{CQ} / 2$ olarak bulunur.

Besleme kaynağından çekilen maksimum güç:

$P_K = V_{CC} \cdot I_{CQ}$ 'dir.

Bu eşitlikler, verim bağıntısında yerlerine konursa

$$\eta_T = P_{\text{ÇTRm}} / P_K = (V_{CC} \cdot I_{CQ} / 2) / V_{CC} \cdot I_{CQ} = 1/2 = 0,50 \text{ olur.}$$

Buna göre transformatör kuplajlı A sınıfı güç yükseltecinde maksimum verim: $\eta_T = \% 50$ olmaktadır.

Çıkışı, R_L yük direnci üzerinden yapılan yükselteçte: $\eta_R = \% 25$ idi.

Görüldüğü gibi; $\eta_T = 2\eta_R$ 'dir.

Diğer bir ifadeyle; $P_{\text{ÇTR}} = 2P_{\text{ÇR}}$ 'dir.

Sonuç olarak

R_L Yük direncinin, trafo kuplajı ile bağlanması halinde A sınıfı güç yükseltecinin gücü ve dolayısıyla verimi 2 kat artırılabilir.

Uygulamada ne yapmak gerekir?

Transformatörü ona göre seçmek gerekir.

Transformatörün seçilişi

AC çıkış gücünü, R_L yük direncine ve akıma bağlı olarak yazalım:

R_L yük direnci direk bağlı iken: $P_{\text{ÇR}} = V_{\text{Cef}} \cdot I_{\text{Cef}} = I_{\text{Cef}}^2 \cdot R_L$ 'dir.

R_L yük direnci trafo kuplajlı olarak bağlı iken

Trafonun primerinden bakılınca görülen, dirence R_L^1 diyelim. AC çıkışta transformatör primerinde oluşan güç: $P_{\text{ÇTR}} = I_{\text{Cef}}^2 \cdot R_L^1$ 'dür. Daha önce; $P_{\text{ÇTR}} = 2P_{\text{ÇR}}$ olduğu, hesaplamalar ile gösterilmişti.

Bu duruma göre yukarıdaki bağıntılar karşılaştırılırsa

$I_{\text{Cef}}^2 \cdot R_L^1 = 2 I_{\text{Cef}}^2 \cdot R_L$ olur. Buradan; $R_L^1 = 2R_L$ olur.

Transformatör kuralına göre; $R_L^1 = (N_1/N_2)^2 \cdot R_L$ 'dir.

N_1 : Trafonun primer (transistor tarafı) sarım sayısı

N_2 : Trafonun sekonder (R_L tarafı) sarım sayısı

Yukarıda, $R_L^1 = 2R_L$ değeri yerine konursa: $(N_1/N_2)^2 = 2$ olur.

Yani, $N_1 = \sqrt{2} \cdot (N_2) = 1,41 \cdot N_2$ olur.

Sonuç olarak transformatörün, N_1 ve N_2 sarım sayıları, $N_1 = 1,41 N_2$ olacak şekilde ayarlanırsa transformatör kuplajlı, A sınıfı bir güç yükseltecinden % 50 verim alınır.

➤ Transformator kuplajlı çıkışın avantajları

Verimin iki misli artırılması önemli bir avantajdır. Şu gibi dezavantajları da bulunmaktadır.

- Transformörde güç kaybı vardır. Bu nedenle de çok ısınır.
- Çok yer kaplar ve ağırlığı fazladır.
- Maliyeti yüksektir.
- Distorsiyon yaratır.

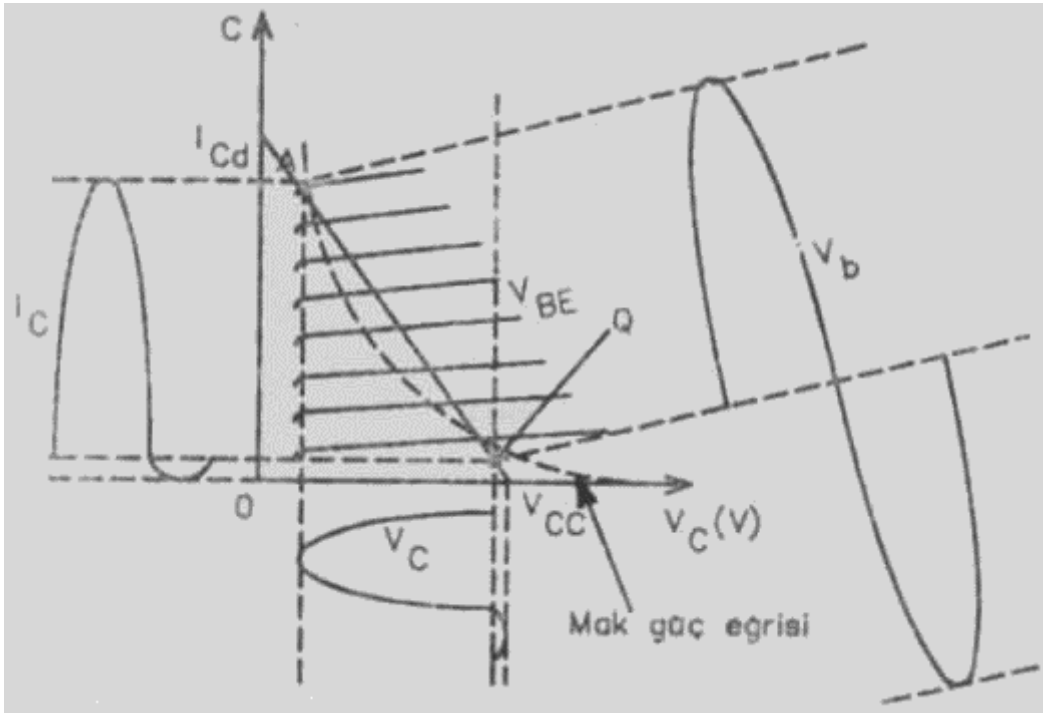
Genel bir değerlendirme yapılırsa

A sınıfı güç yükselteçlerinde ki maksimum % 50 verim iyi sayılamaz. Bu nedenle daha çok, gerilim yükselteci olarak kullanılır.

2.1.2. B Sınıfı Amplifikatörler

B sınıfı güç yükselteçlerinde Q çalışma noktası, şekil 2.6'da görüldüğü gibi yük doğrusunun alt kısmına yakın veya yük doğrusu ile V_{CE} ekseninin kesim (ing cut off yazılır, katof okunur.) noktasında olmaktadır.

Bu durumda, şekilde görüldüğü gibi, v_b giriş gerilimi tam sinüzoidal olduğu halde, kolektör akımında bir alternansta büyük bir artma olmakta, diğer alternansta ise, artma çok küçük kalmaktadır. Bu nedenle çıkışta bir bozulma (distorsiyon) oluşmaktadır.



Şekil 2.6: B sınıfı yükselteç yük grafiği

B sınıfı güç yükselteçlerinde Q çalışma noktası, Şekil 2.6 'da görüldüğü gibi yük doğrusunun alt kısmına yakın veya yük doğrusu ile V_{CE} ekseninin kesim (ing cub jht off yazılır, katof okunur.) noktasında şekil 2.6 B sınıfı güç yükselteçlerinde çıkış karakteristik eğrisi olmaktadır. B sınıfı güç yükselteçlerindeff çıkış karakteristik eğrisi

Bu durumda şekil 2.6 - B sınıfı güç yükselteçlerinde çıkış karakteristik eğrisinde görüldüğü gibi vb. giriş gerilimi tam sinüzoidal olduğu halde, kolektör akımında bir alternansta büyük bir artma olmakta, diğer alternansta iffse, artma çok küçük kalmaktadır. Bufff nedenle çıkışta bir bozulma (distorsiyon) oluşmaktadır.

➤ **B sınıfı güç yükselteçlerinde çıkış karakteristik eğrisi**

B sınıfı çalışmada şekil 2.6'da görüldüğü gibi yük doğrusu genellikle maksimum güç eğrisini geçmektedir. Fakat bu geçiş sürekli olmadığı için transistörün ortalama gücü tahrip gücünün altında tutulabilmektedir.

Kollektör akımındaki kuvvetlendirmenin büyüklüğü nedeniyle oldukça büyük bir "Çıkış" gücü sağlanabildiğinden B sınıfı yükselteçler güç yükselteci olarak önem kazanmışlardır. Ancak, distorsiyon bulunmaktadır.

Distorsiyonsuz çalışma bakımından B sınıfı yükselteçlerin push-pull montajında çalıştırılmaları tercih edilir.

Ayrıca AB sınıfı push-pull yükselteçte vardır. O da bir sonraki bölümde açıklanacaktır Bu bölümde push-pull yükselteç denince B sınıfı anlaşılmalıdır.

➤ **B sınıfı push - pull yükselteç**

Şekil 2.7'de görülen push-pull yükselteçte hem distorsiyon minimum seviyeye inmekte, hem de verim yükselmektedir.

Şekil 2.7'de görüldüğü gibi, push-pull yükselteçlerde simetrik çalışmayı sağlamak için girişte sürücü transformatör veya giriş transformatörü, çıkışta da yüke kuplaj sağlayan transformatör, diğer bir deyimle, çıkış transformatörü kullanılır.

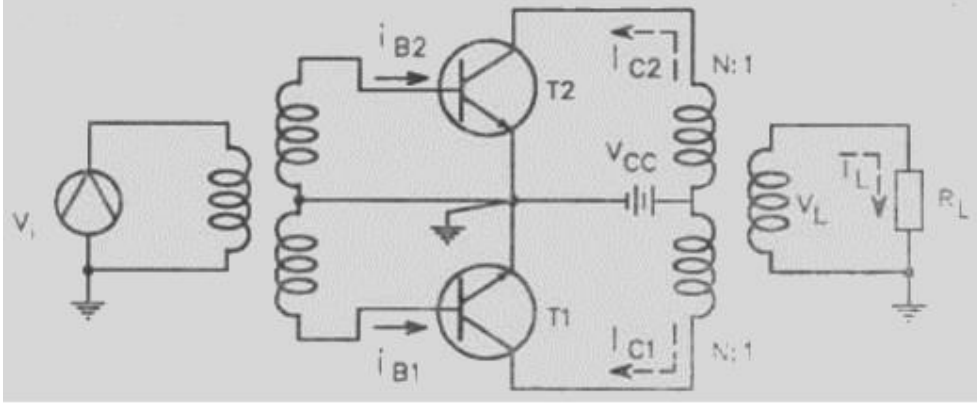
Daha sonra açıklanacağı gibi transformatörsüz push-pull yükselteç de kullanılmaktadır.

Fakat bugüne kadar yaygın olan uygulama, giriş ve çıkışta transformatör kullanılması şeklindedir.

B sınıfı push-pull yükselteçte girişten herhangi bir işaret verilmemişken T_1 ve T_2 transistörleri çalışmamaktadır. Yani, DC beyz akımı yoktur. Dolayısıyla, DC kolektör akım. (I_C) yoktur. Bu durum, Q çalışma noktasının tam V_{CE} eksenı üzerinde seçilmiş olması demektir. Böylece tipik bir B sınıfı yükselteç uygulaması vardır.

Şekil 2.7'deki push-pull yükseltecin çalışması

T_1 ve T_2 transistörlerin beyzlerine polarma gerilimi uygulanmamış olduğundan, ancak giriş trafosundan gelen işaret gerilimi ile polarize olarak ilettime geçerler. Giriş trafosuna, şekil 2.8 (a)'da görüldüğü gibi, bir sinüzoidal işaret uygulansın.



Şekil 2.7: B sınıfı push - pull yükselteç

Giriş trafosu sekonderinin orta ucu topraklanmış olduğundan, sekonderde endüklenen gerilimin bir alternansında, transformatör sargı uçlarından biri oda uca göre pozitif (+) diğeri negatif (-) olacak, diğeri alternansta ise uçlarda ilkinin tersi gerilimler oluşacaktır.

Dolayısıyla, bir alternasta transistörlerden birinin beyzi pozitif (+) gerilim etkisinde kalarak ilettime geçerken, diğeri kesim de kalacaktır. İkinci alternansta ise, ilkinin tersi işlem gerçekleşecektir.

Bu oluşum, şekil 2.8 (b) ve (c) de i_{B1} , ve i_{B2} beyz akımları ile gösterilmişlerdir. i_{im} : İşaret beyz akımının tepe (maksimum) değeridir.

i_{B1} ve i_{B2} akımları, transistörleri sıra ile sürüme geçireceğinden çıkış trafosunun her bir yarısı, şekil 2.8 (d) ve (e)'de görüldüğü gibi sıra ile i_{C1} ve i_{C2} , akımlarını taşıyacaktır.

T_1 ve T_2 transistörlerinin girişlerindeki ve çıkışlarındaki akımlar birbirlerine göre 180° derece faz farkı olmaktadır.

Çıkış trafosunun primer sargısının her bir yarısındaki i_{C1} ve i_{C2} akımları, trafonun sekonder sargısında da birbirine göre 180° derece faz farkında olan akımlar oluşturacağından, bunlar ard arda gelince, yine sinüzoidal i_L gibi bir yük akımı oluşur (Şekil 2.8 (f))

R_L yük direnci üzerindeki i_L sinüzoidal akımının osiloskop ile alınmış olan görüntüsü Şekil 2.8 (g)'de verilmiştir.

Gerek osiloskoptaki görüntüde, gerekse de, şekil 2.8(f)'de "s" şeklinde nokta nokta gösterilmiş olduğu gibi sinüzoidal işaretin bir alternansından diğerine geçerken sinüs eğrisinde bir bozulma olmaktadır. Buna geçiş distorsiyonu (crossover distortion) denir

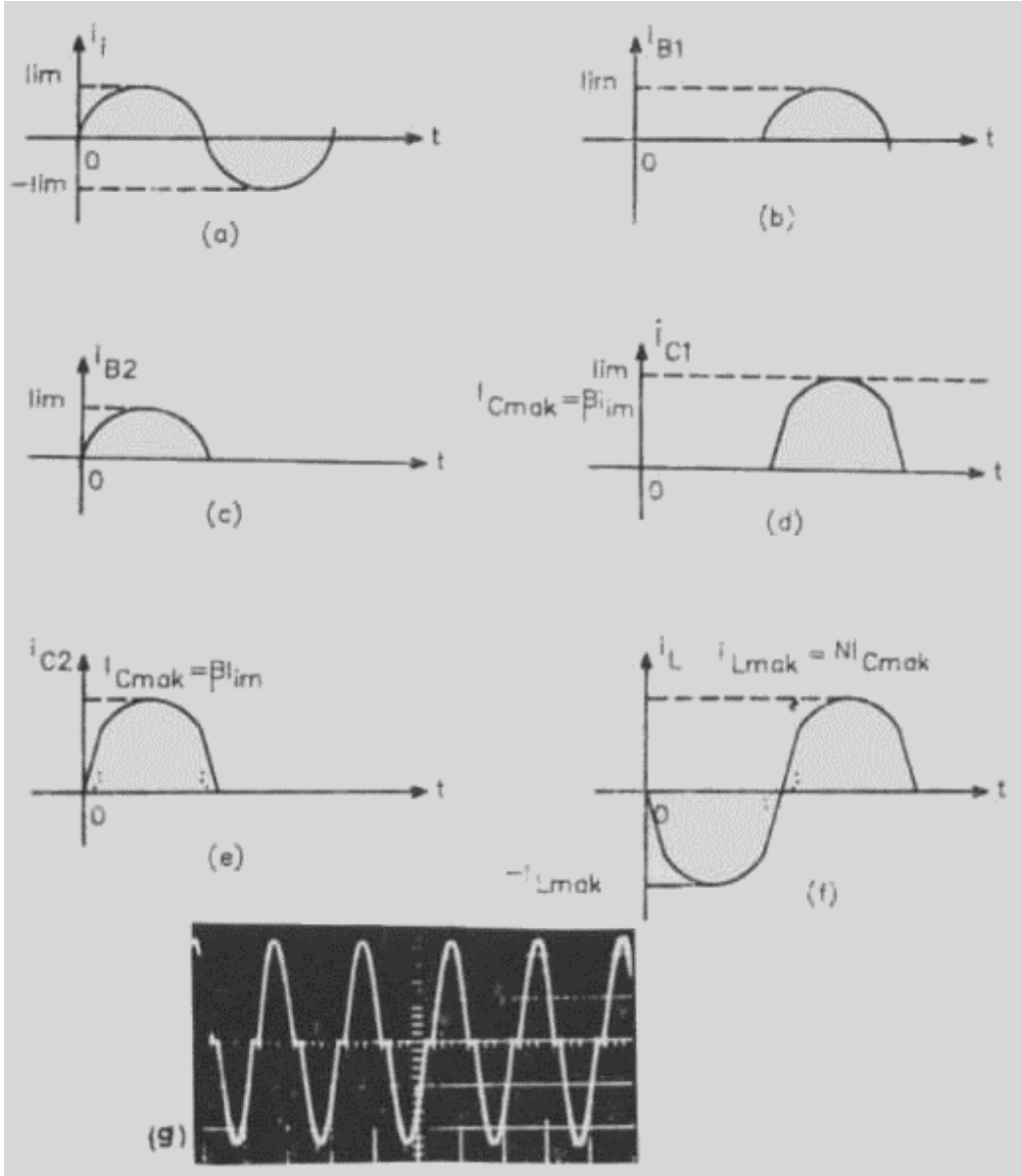
➤ **Geçiş distorsiyonunun nedeni**

V_{BE} belirli bir değere gelmeden transistör ilettime geçmemektedir. Bu arada i_L akımı sıfır olduğundan, geçiş distorsiyonu oluşmaktadır.

Transistörü ilettime geçiren V_{BE} değeri

Germanyum (Ge) transistörlerde: $V_{BE} = 0,2V$ Silikon (Si) transistörlerde: $V_{BE} = 0.6 - 0,7V$

B sınıfı push-pull yükselteçlerdeki geçiş distorsiyonu aksaklığını gidermek için daha sonra görüleceği gibi "AB" sınıfı yükselteçler geliştirilmiştir.



Şekil 2.8: B sınıfı push - pull yükselteçte giriş ve çıkış akımlarındaki değişimler

- | | |
|---------------------------------------|--|
| (a) giriş akımı | (e) T2 transistörünün kollektör akımı |
| (b) T1 transistörünün beyz akımı | (f) yük akımı(t ekseninde geçiş distorsiyonlu) |
| (c) T2 transistörünün beyz akımı | (g) yük akımının osilaskoptaki görüntüsü |
| (d) T1 transistörünün kollektör akımı | |

Not

h_{fe} , emiteri ortak bağlantılı transistörün AC akım kazancıdır.

➤ Push - pull yükseltecin yük doğrusu

B sınıfı push-pull yükseltecin her bir transistörü ayrı bir yükselteç olarak çalışır. Bu nedenle, her birinin ayrı bir yük doğrusu vardır. Ancak birbirlerinin benzendir.

Bir örnek olmak üzere

Şekil 2.7'deki push-pull devreye ait T_2 transistörünün DC ve AC yük doğruları şekil 2.9'te verilmiştir.

Aşağıdaki açıklamalar T_2 transistörüne göre yapılacaktır.

Şekilde görüldüğü gibi, AC yük doğrusu da, trafo kuplajlı A sınıfı yükselteçlerden farklı olarak, DC yük doğrusu ile birlikte aynı V_{CC} noktasından başlamaktadır.

➤ DC yük doğrusunun durumu

Yukarıda da belirtilmiş olduğu gibi, B sınıfı push-pull yükselteçlerde, DC beyz polarması olmadığından çalışma noktası şekil 6.53'te görüldüğü gibi V_{CE} ekseninde V_{CC} noktasıdır.

Çıkış transformatörünün DC direnci sıfıra yakın olduğu için DC yük doğrusu V_{CC} noktasından çıkan dik doğrudur.

➤ AC yük doğrusunun durumu

T_1 ve T_2 transistörlerinin herbiri giriş işaretinin bir yarı alternansında çalışmaktadır. Gerek şekil 2.6 ve gerekse de şekil 2.9'dan takip edilirse, AC kollektör akımı (i_C), 0 ile I_{Cd} arasında değişirken AC kollektör gerilimi (V_C)'de V_{CC} ile 0 arasında değişmektedir.

İşte bu nedenledir ki B sınıfı push-pull yükseltecin AC yük doğrusu, yukarıda belirtilen şekillerde görüldüğü gibi V_C ve I_{Cd} noktalarını birleştiren doğru olmaktadır.

Özet olarak yazılırsa

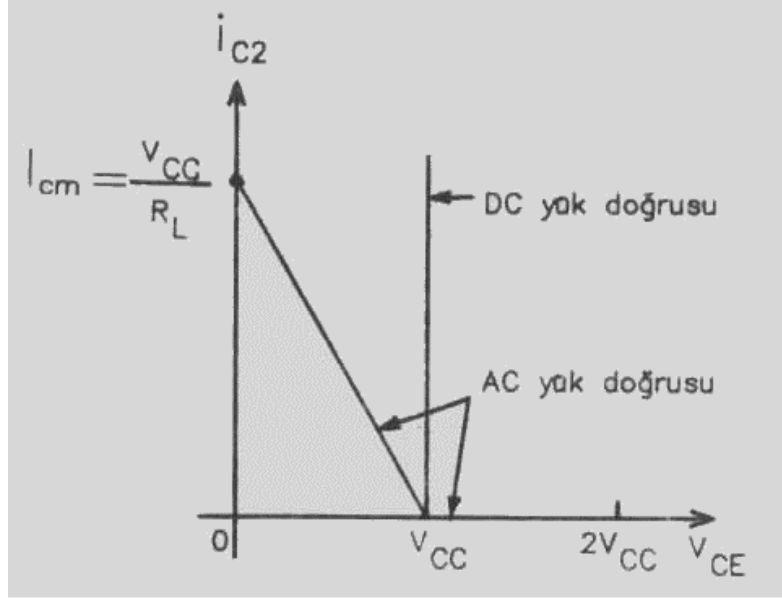
B sınıfı push-pull yükseltecin AC yük doğrusu başlangıç ve bitim noktaları

V_{CC} ve $I_{Cd} = V_{CC} / R_L^I$ 'dir.

R_L^I ; R_L yük direncinin çıkış trafosu primer sargısını her bir yarısından görülen eşdeğeridir.

Burada, tipik bir durum vardır.

Transistör çalışmazken yani $I_C = 0$ iken, V_{CE} değeri, Şekil 2.9'da görüldüğü gibi zıt EMK nedeniyle $2V_{CC}$ 'ye kadar yükselmektedir.



Şekil 2.9 B sınıfı yükseltecin DC ve AC yük doğruları

➤ **Güç hesabı**

Şekil 2.7'de devresi verilmiş olan B sınıfı push-pull bir yükseltecin güç hesabı şöyle iki kademelidir.

- Push-pull devrenin ürettiği güç
- R_L yük devresine transfer edilen (aktarılan) güç

➤ **Push-pull devrenin ürettiği güç (P_{CC})**

Takip edilirse v_i , işaret kaynağınca oluşturulan i_{B1} ve i_{B2} beyz akımları, T_1 ve T_2 transistörlerinin kollektör devrelerindeki i_{C1} , ve i_{C2} değişken akımlarını oluşturmaktadır.

i_{C1} ve i_{C2} akımları, Şekil 2.8 (d) ve (e)'de görüldüğü gibi, yarım periyotluk sinüs alternansları halindedir. i_{C1} , ve i_{C2} akımlarını üreten kaynak ise V_{CC} besleme kaynağıdır.

Ohm kanununa göre Push-Pull gücü $P_{CC} = \text{Gerilim} \times \text{akım}$ bağıntısına göre hesaplanacaktır.

Burada gerilim V_{CC} 'dir. Akım i_{C1} ve i_{C2} akımlarıdır.

Şekil 2.8 (d) ve (e)'de görülen i_{C1} ve i_{C2} akımları, çıkış transformatörünün primer sargısında Şekil 2.10'da görüldüğü gibi " $i_{C1} + i_{C2}$ " haline gelerek bir tam dalga doğrultucusu

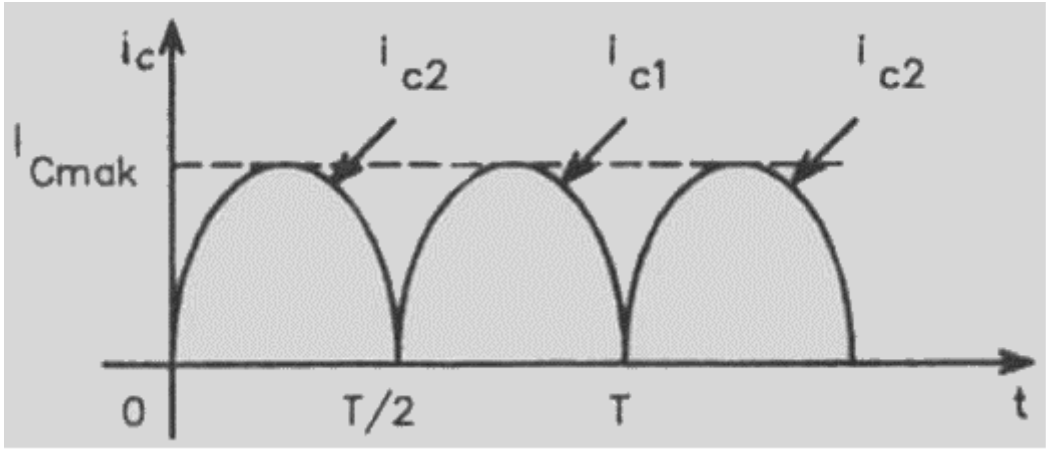
akımına benzemektedir. Bir tam dalga doğrultucu akımının etkinliği ortalama değeri kadardır.

Buna göre $i_{C1} + i_{C2}$ ortalama değeri: $I_{or} = (2/\pi) \cdot I_{Cmak}$ 'tır.

Buradaki I_{Cmak} şekil 2.10'da görüldüğü gibi, i_{C1} ve i_{C2} 'nin tepe değeridir.

Not:

Bu I_{Cmak} 'ı daha önceki bölümlerde transistörün verebileceği ve I_{Cd} doyma akımı olarak ifade edilen, maksimum kollektör akımı " I_{Cm} " ile karıştırmamak için I_{Cmak} denmiştir.



Şekil 6.54 - Push - Pull çıkış transformatörü primerindeki AC akım

O halde push-pull devre tarafından sağlanan güç

$$P_{CC} = (2/\pi) \cdot V_{CC} \cdot I_{Cmak}$$
'tır.

I_{Cmak} değeri v_i işaret gerilimi yeterince büyük olduğu takdirde, transistörlerin doyma akımı olan I_{Cd} 'ya eşit olabilir.

P_{CC} gücünün maksimum değeri (P_{CCm})

Yukarıda belirtildiği gibi, devre $I_{Cmak} = I_{Cd}$ olacak şekilde çalıştırılırsa maksimum güç üretilecektir.

Yukarıda belirtilmiş olduğu gibi $I_{Cd} = V_{CC} / R_L^I$ 'dir.

Bu değer P_{CC} bağıntısında yerine konursa

Maksimum push-pull gücü

$$P_{CC} = (2/\pi) \cdot V_{CC} \cdot (V_{CC} / R_L^I)$$
'den

$$P_{CC} = 2 \cdot V_{CC}^2 / R_L^I$$
 olur.

➤ **R_L yüküne transfer edilen güç (P_L)**

Çıkış transformatörünün sekonderinde şekil 2.8 (f) ve (g)'de görüldüğü gibi

$i_L = I_{Lm} \cdot \sin \omega t$ şeklinde değişen bir yük akımı endüklenmektedir.

i_L akımı R_L direncini efektif değer olarak etkiler: $I_{Lef} = (1 / \square) \cdot I_{Lm}$ 'dir.

Tranformatör primer sargısı yarısının sarım sayısı N_1 sekonder sarım sayısı

N_2 ; $I_{Cmak} / I_{Lm} = N_2 / N_1$ bağlantısı vardır. $I_{Lm} = (N_1 / N_2) \cdot I_{Cmak} = n I_{Cmak}$ 'tır.

R_L yük direncinin, transformatör primerine yansıyan değeri $R_L^1 = n^2 R_L$ 'dir.

Bütün bu bağıntılar dikkate alınarak yazılırsa R_L yükünde harcanan güç şöyle olacaktır:

$$P_L = I_{Lef}^2 \cdot R_L = (1/2) \cdot I_{Lm}^2 \cdot R_L = (1/2) \cdot I_{Cmak}^2 \cdot n^2 R_L = (1/2) \cdot I_{Cmak}^2 \cdot R_L^1 \text{ olur.}$$

R_L direncine verilen maksimum güç:

Yukarıdaki bağıntıda, $I_{Cmak} = I_{Cd} = V_{CC} / R_L^1$ değeri yerine konursa, doyma halindeki P_{Lm} , maksimum çıkış gücü elde edilir.

$$P_{Lm} = V_{CC}^2 / 2 \cdot R_L^1 = V_{CC}^2 / 2n^2 R_L \text{ olur.}$$

➤ **Push pull yükseltecin verim hesabı (efficiency)**

A sınıfı güç yükselteci bölümünde de belirtilmiş olduğu gibi, normal çalışma şartlarındaki verim ile maksimum değerlerle yapılan çalışmadaki verim farklı çıkmaktadır.

Burada da her ikisi verilecektir

Normal çalışmada verim $\eta = P_L / P_{CC}$ olup yukarıda hesaplanan P_L ve P_{CC} değerlerini yerlerine yazalım

$$\eta = [(1/2) \cdot I_{Cmak}^2 \cdot R_L^1 / (2/\pi) \cdot V_{CC} \cdot I_{Cmak}] = [\pi/4] \cdot [I_{Cmak} / (V_{CC} / R_L^1)]$$
$$\eta = (\pi/4) \cdot (I_{Cmak} / I_{Cd}) \text{ olur.}$$

Maksimum değerler ile çalışmada verim (η_m):

Maksimum çalışmada, $I_{Cmak} = I_{Cd}$ olup, yukarıdaki bağıntıda bu değerler yerine konursa

$$\eta_m = (\pi/4) \cdot (I_{Cd} / I_{Cd}) \text{ 'dan}$$
$$\eta_m = \pi/4 = \% 78,5 \text{ olur.}$$

2.1.3. C Sınıfı Amplifikatörler

C sınıfı güç yükselteçlerinde transistör girişine ya ters işaretli polarma gerilimi uygulanmakta ya da hiç uygulanmamaktadır.

Devreye AC gerilim (işaret gerilimi) uygulanmamışken kollektör akımı akmaz. Yani transistör kesimdedir.

C sınıfı yükselteçlerde, hatalar ve harmoniklerin kuvvetlendirilmeleri minimuma inmektedir. Bu bakımdan C sınıfı yükselteçler yüksek frekanslar için uygun bir yükselteçtir. C sınıfı yükselteçlere radyo frekansı (RF) güç yüksetteci de denir. Verimi % 100'e yakındır.

C sınıfı yükselteçler 2 gruba ayrılır:

- Doğrudan bir R_L yük direncine çıkış yapanlar. Bunlara akortsuz (out of tune) C sınıfı yükselteç denir.
- Bir L-C rezonans devresine çıkış yapanlar. Bunlara da akortlu (tune) yükselteç denir.

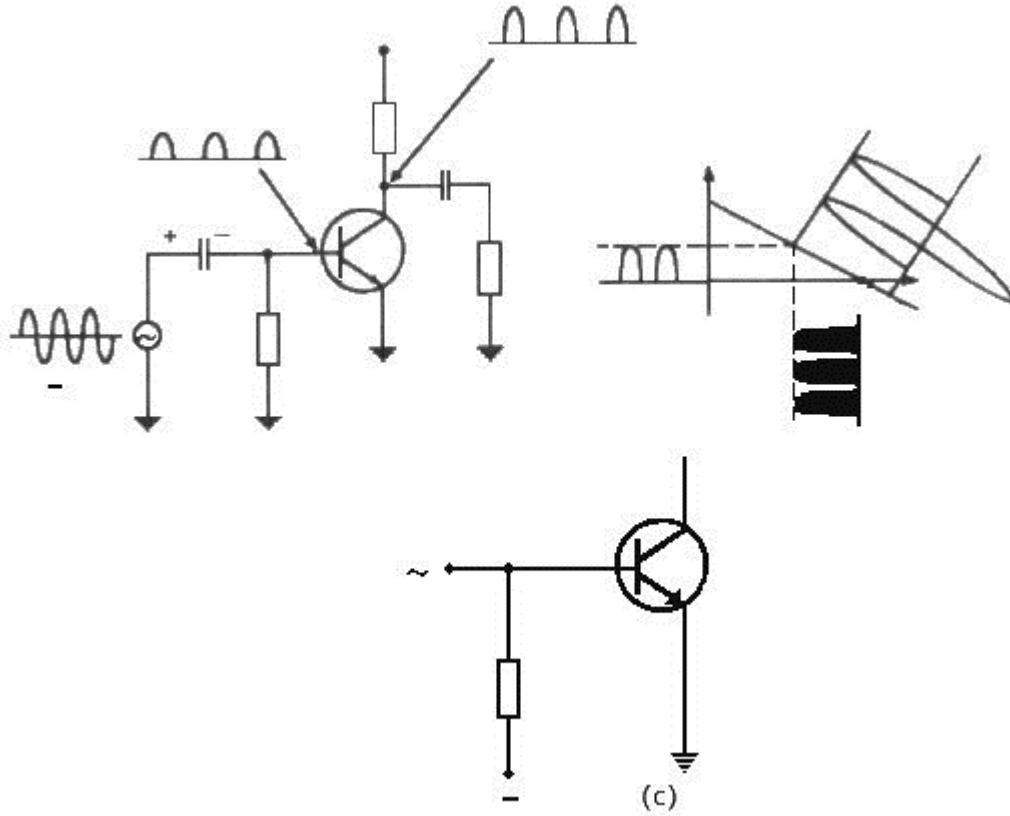
➤ Akortsuz C sınıfı güç yükselteci

C sınıfı yükseltecin çalışma şekli akortsuz yükselteç ile daha kolay açıklanabilmektedir.

Şekil 2.11'de NPN transistörlü akortsuz bir C sınıfı yükseltece ait iki farklı giriş devresi ile giriş çıkış işaret akımları ve gerilimleri verilmiştir.

Şekil 2.11 (a)'daki devrenin girişinde polarma gerilimi yoktur. Çalışma doğrudan işaret gerilimi ile sağlanmaktadır.

Şekil 2.11 (c)'deki devrenin girişine ise ters işaretli polarma gerilimi uygulanmıştır. Her iki devrenin çıkışında da darbeli I_C akımı ve V_C gerilimi oluşmaktadır. Ancak çalışma şekilleri arasında fark vardır.



Şekil 2.11: C sınıfı yükseltecin çalışma prensibi

(a) akortsuz C sınıfı yükselteç devresi, şekil 6.60 - C sınıfı yükseltecin çalışma prensibi

(a) akortsuz C sınıfı yükselteç devresi

(b) RL yük direnci üzerindeki akım ve gerilim darbeleri

(c) girişe "-" gerilim verilmesi

➤ Yükseltecin çalışması

• Kondansatör girişli devre

Şekil 2.11'den takip edilirse giriş işaret kaynağı R_B direnci üzerinden C_B kondansatörünü sürekli şarj ve deşarj eder.

Bir kaç şarj ve deşarjdan sonra kondansatörün beyze bağlı plakasında darbeli olarak devam eden bir V_B pozitif gerilimi oluşur.

V_B gerilimi, darbeh I_B akımını, I_B akımı da, şekilde görüldüğü gibi darbeli I_C akımını yaratır. Şekil 2.11 (b)'den de anlaşılacağı gibi, $I_B = 0$ iken transistör kesimdedir. Kollektör gerilimi $V_C = V_{CC}$ 'dir.

Transistör iletime geçtiğinde, darbeleri I_{CC} akımının yük doğrusu boyunca değişimi, Şekil 2.11 (b)'de taralı olarak gösterildiği gibi, V_C (V_{CE}) geriliminin ve dolayısıyla da V_{RL} 'in, 20 V'dan itibaren küçülerek darbeleri bir değişim göstermesini sağlamaktadır. Şekle dikkat edilirse I_C büyürken V_C küçülmektedir. Bu durum da I_C ile V_C 'nin ters fazlı olduğunu göstermektedir. Uygulama da C sınıfı yükseltecin bu özelliğinden yararlanılarak verim artırılmaktadır.

Şöyle ki transistörde sarf olan güç $P = I_C \cdot V_C$ 'dir. I_C doyma değerine yaklaşıncı V_C 'de sıfıra yaklaşmaktadır.

Dolayısıyla $P = I_C \cdot V_C$ çok küçülür. Böylece, transistörde harcanan güç küçülünce yararlı güç artar.

Sonuç olarak verim, %100'e yaklaşmaktadır.

➤ Girişi ters polarılmış devre

Kondansatör yerine beyzi ters polarmalı besleyecek şekilde sürekli bir gerilim de uygulanabilir.

Şekil 2.11 (c)'de görüldüğü gibi NPN transistörde beyze negatif gerilim uygulanmıştır.

Bu durumda, uygulanan v_b (AC) geriliminin pozitif alternansı Beyzin negatif gerilimini geçince transistör iletime geçecektir.

➤ Akortlu C sınıfı yükselteç

Şekil 2.12'de verilen, akortlu (Tuned) C sınıfı yükselteçte de kollektör çıkışına kadar akordsuz C sınıfı yükselteçteki aynı işlem olmaktadır. Ancak çıkışa tank devresi bağlanarak çok önemli bir avantaj sağlanmaktadır.

Şekilde görüldüğü gibi kollektör çıkışındaki tank (depo) devresi rezonansa geldiği zaman R_L yük direnci çıkışından tam bir sinüzoidal dalga elde edilmektedir.

Bunun nedeni şöyle açıklanır:

Kollektöre gelen her I_C akımı darbesinde C_T kondansatörü şarj olur ve ikinci darbe gelinceye kadar L_T self üzerinden deşarj olur.

Böyle devam eden şarj ve deşarj sonucu L_T selfi uçları arasında Şekil 2.12'de görüldüğü gibi $2V_{CC}$ ile V_{CE} doyma gerilimleri arasında değişen sinüzoidal bir gerilim oluşur.

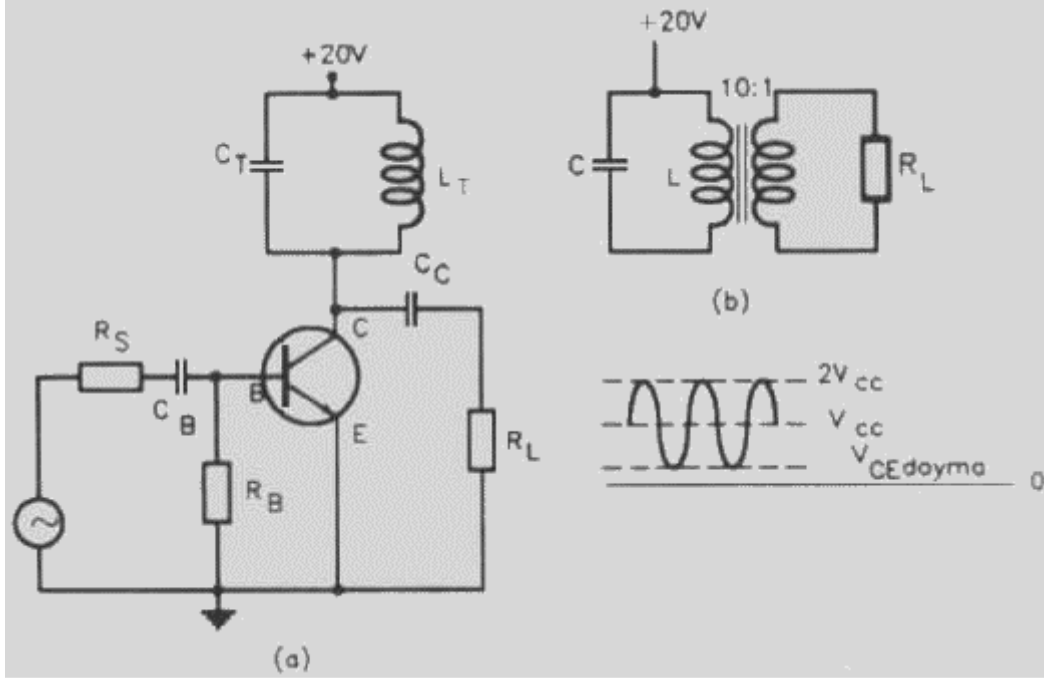
AC çalışmada, yük direnci ve C_C kondansatörü L_T 'ye paralel hale gelir.

Dolayısıyla L_T uçları arasındaki sinüzoidal gerilim R_L uçlarında da oluşur.

Bu şekildeki bir çalışma, bütün güç yükselteçlerinden daha büyük bir verim sağlamaktadır.

C sınıfı güç yükselteçlerinin önemi de buradan gelmektedir.

R_L Yük direnci, Şekil 2.12 (b)'de görüldüğü gibi, tank devresi bobini yerine bir Y.F. transformatörü konularak, bunun sekonderine de bağlanmaktadır. Böylece daha büyük bir güç transferi yapılmaktadır.



Şekil 2.12: Akortlu C sınıfı güç yükseltici

(a) doğrudan RL çıkışı

(b) RL yük direncinin transformatör üzerinden bağlantısı

2.2. Entegreli Güç Amplifikatörleri

➤ HI - FI stereo yükselteçler ve düzenleri

HI-FI ve stereo nedir?

HI-FI: HI-FI deyiimi, İngilizce "high fidelity" kelimelerinin ilk iki harfleri alınarak oluşturulmuştur. Kelime kelime tercüme edilirse "yüksek sadakat" demektir. Yani bir yükselteçten alınan ses aslına uygun ise bu yükseltece HI-FI yükselteç denir. Bunun için de yükseltecin kaliteli bir tasarım ve işçilik ile üretilmesi gerekir.

Yalnızca yükseltecin kaliteli olması da yetmemektedir, kullanılan mikrofonun, hoparlörün ve yayın banttan veya pikaptan yapılyorsa kullanılan bütün düzeneğin kalitesinin (performansının) iyi olması gerekir.

Bas ve tiz seslerin daha iyi verilebilmesi için, ayrı ayrı bas ve tiz hoparlörlerinin kullanılması gerekir. Bunlar genelde özel kutular içine monte edilir.

Bir HI-FI yükseltici şu özelliklere sahip olmalıdır.

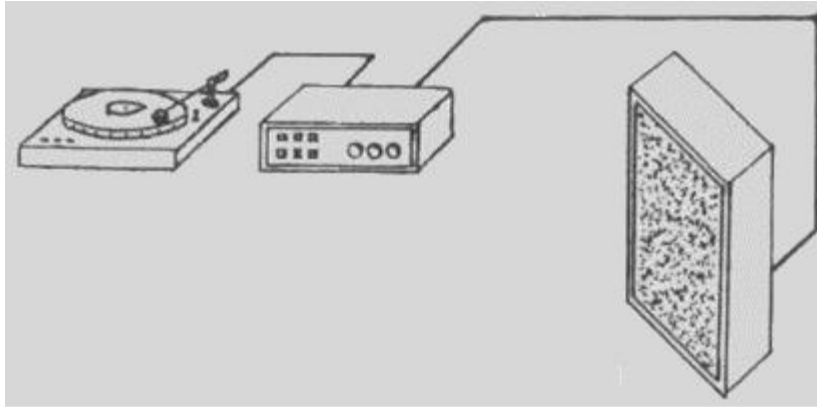
- İşitilebilen frekans limitleri olan 20 Hz ile 20 KHz arasındaki frekansları distorsiyonsuz ve lineer olarak vermelidir. Yani en alttaki ve en üstteki frekansları da orta frekanslar ile aynı seviyede vermelidir.
- Frekans karakteristiği 40 KHz'e kadar çıkabilmeli.
- Bu banttaki harmonik distorsiyonu maksimum çıkış seviyesinde % 6 yi geçmemelidir.
- Hışırta ve ham bulunmamalı.
- Çıkış gücü en az 3 W olmalı.
- Mikrofon, pikap ve teyp girişleri ayrı olmalı.
- Hoparlör kutuları titreşim yapmayacak ve sesi en iyi yansıtacak şekilde özel olarak üretilmelidir.
- Hoparlörden önce kullanılan bas - tiz ayırıcı filtreleri çok iyi dizayn edilmiş olmalıdır.
- HI-FI yükselteçler tek kanallı (mono) olacağı gibi, iki kanallı (stereo) ve dört kanallı (kuadrofonik)'de olabilmektedir. Genellikle iki kanallı olarak üretilir.

➤ **Monofonik sistem**

Monofonik (monophonic) sistem veya daha kısa deyimiyle "mono" sistem, şekil 2.13'te görüldüğü gibi tek kanallı bir sistemdir.

Şekil 2.13'te bir monofonik (monophonic) sistem veya daha kısa deyimiyle "mono" sistem, şekil 2.13'te görüldüğü gibi tek kanallı bir sistemdir.

Şekil 2.13'te bir pikap (record player) bas-tiz ayarlı bir yükselteç (amplifier) ve bir hoparlörden (loud speaker) oluşan monofonik HI-FI sistemi verilmiştir.

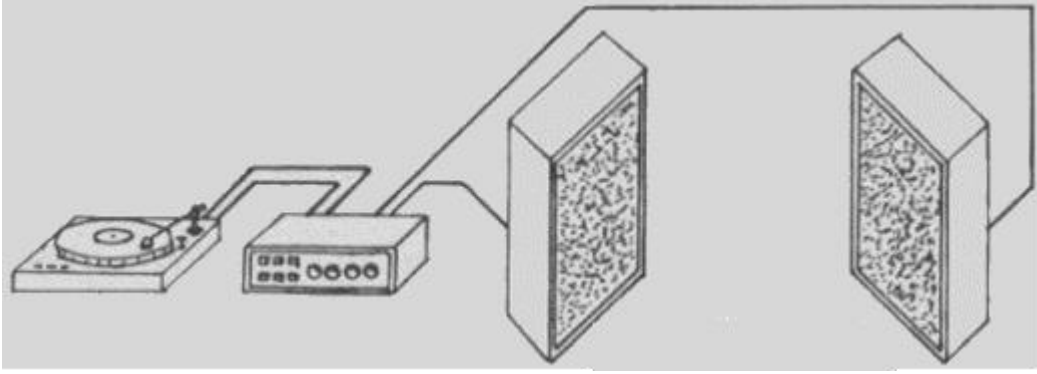


Şekil 2.13: Monofik sistem

➤ **Tereofonik sistem**

Stereofonik sistem, daha kısa deyimiyle "stereo sistem" iki boyutlu ses veya müzik yayını yapan sistemdir. Stereo sistemde bütün elemanlar iki kanallı yayın yapmaya uygun olmalıdır.

Örneğin yayın Şekil 2.14'te görüldüğü gibi bir pikaptan yapılıyorsa pikap kafasından başlayarak pikap çıkışı, yükselteç, yükselteç çıkışı hep iki kanallı olmalı ve yükselteç çıkışı, iki adet hoparlöre bağlanmalıdır.



Şekil 2.14: Pikap girişli bir stereo sistemin hoparlörler, left (sol) right (sağ) olarak ayrılmıştır.

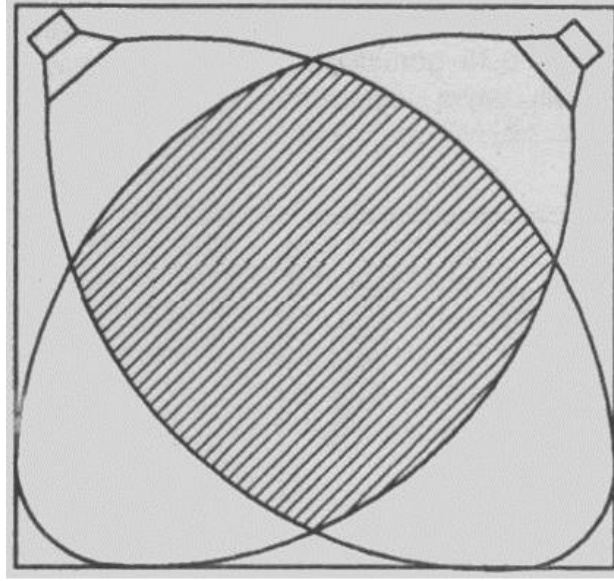
Pikap yerine teyp kullanılabilir. Teybin kayıtları, yapısı ve çıkışı da iki kanala uygun olmalı diğer deyişle stereo olmalı. Stereo yayın bir konser salonundan da yapılabilir Böyle bir durum da orkestranın ön taraf iki yanına iki mikrofona konur ve bunlar bir yükseltecin iki girişine verilip iki çıkışından iki hoparlöre bağlantı yapılır.

Orkestra yayını direk yapılmayıp iki mikrofona bir bantla kayıt alınıp daha sonra da buradan yayın yapılabilir.

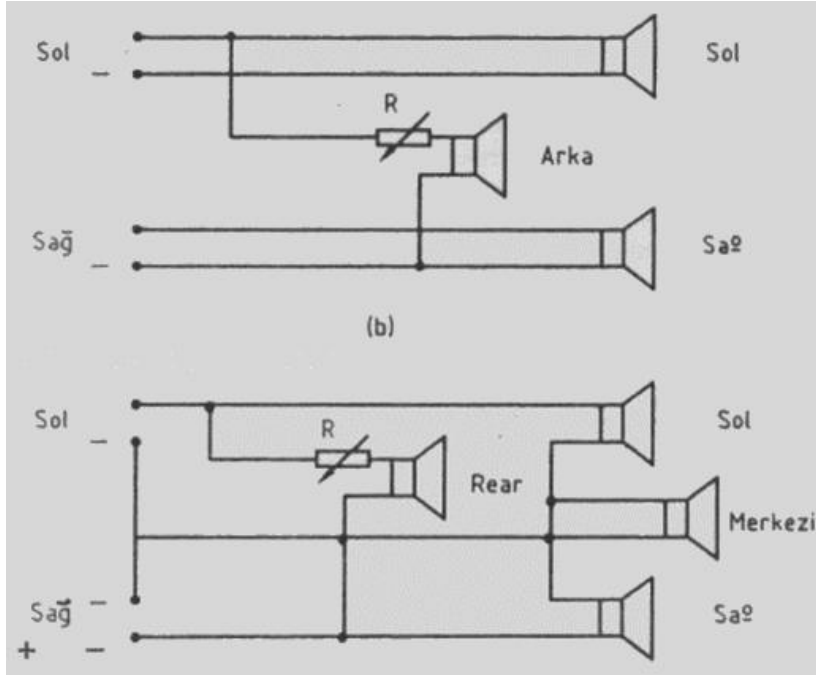
Bütün bu işlemlerin sonunda hoparlörlerden alınacak ses türü derinliği olan orkestranın sağında ve solunda çalan cihazlardan ayrı ayrı yayın yapan eğer kayıttan dinleniyorsa orkestranın karşısında oturuyormuş hissi veren, gerektiğinde bas ve tiz seslerin ayrı hoparlörlerden alınabileceği bir ses türü olacaktır.

İhtiyaca göre hoparlörleri paralel bağlamak suretiyle veya şekil 2.16'da görüldüğü gibi özel düzenlemelerle hoparlör sayısını arttırmak mümkündür. Ancak her düzenlemede de alan şiddeti kuralına uymak gerekir.

Böyle bir ses ayırımı yapabilmek için hoparlörlerin yerleştirilme şekli ve dinleyici yeri önemlidir. Dinleyicinin şekil 2.15'te görüldüğü gibi iki hoparlörün birden ses alanı içinde olması gerekir.



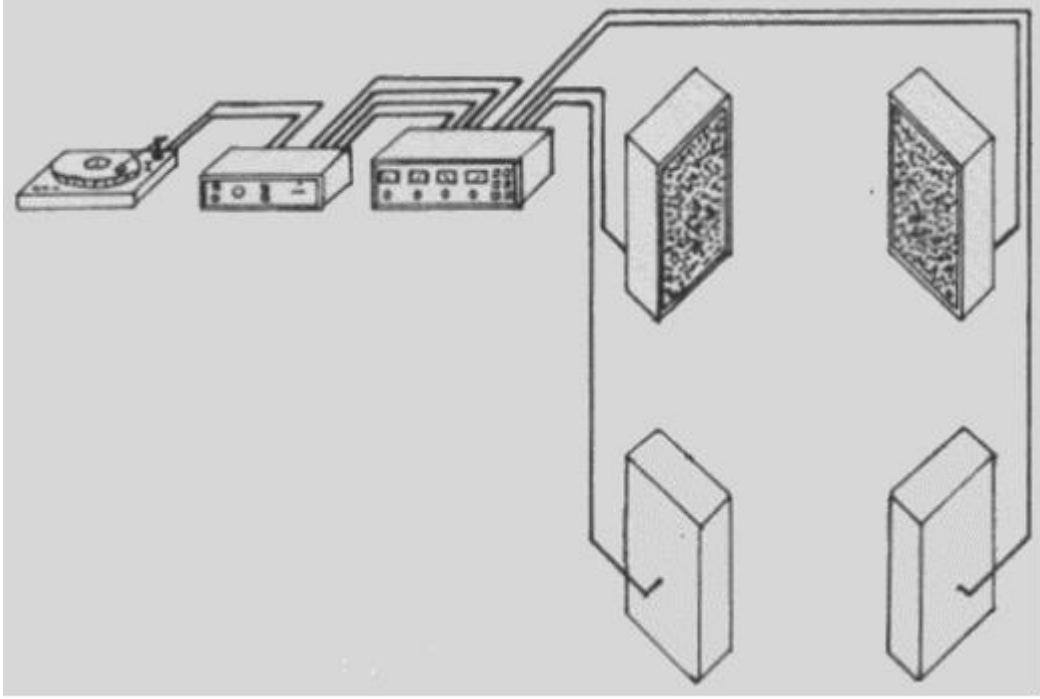
Şekil 2.15: Stereo sistemde hoparlörlerin yerleştirilme şekli



Şekil 2.16: Stereo ses düzeninde değişik hoparlör bağlantısı

➤ **Kuadrofonik sistem**

Kuadrofonik (quadrophonic) sistemde, sese, sağ, sol, ön, arka gibi daha büyük boyut kazandırmak amacı ile şekil 2.17'de görüldüğü gibi 4 kanallı yayın yapılmaktadır. Stereo pikaptan 4 kanallı yayın yapabilmek için düzenleyici (syhthesizer-sintisayzir) kullanılır.



Şekil 2.17: Stereo pikaptan giriş yapılan kuadrofonik sistem

➤ **Bir HI-FI stereo yükselteç devresi**

Şekil 2.18'de 8 transistörlü bir Hi-Fi stereo yükseltecin şeması verilmiştir. Her bir kanalda 4 transistör vardır. Şekildeki karakteristik eğrilerinden de anlaşılacağı gibi Hi-Fi şartlarını ancak limit değerlerde karşılamaktadır. Ancak, devrenin basit ve gerektiğinde kolayca monte edilerek çalıştırılabilmesi bakımından uygundur.

Şekil 2.18'da verilmiş olan yükselteç şu özelliklere sahiptir:

Yükselteç 2 x 3W'dir.

Her bir kanal 4 transistörden oluşmaktadır.

Ton ve volüm kontrolleri vardır.

Bütün transistörler NPN tipi silikon yapılıdır.

Tek diyotlu 60 V besleme kaynağı, iyi bir filtre devresi ile takviye edilmiştir.

Çıkış devresi A sınıfı yükselteçtir.

Giriş olarak, stereo pikap giriş gösterilmiştir.

Çalışma prensibi şunlardır:

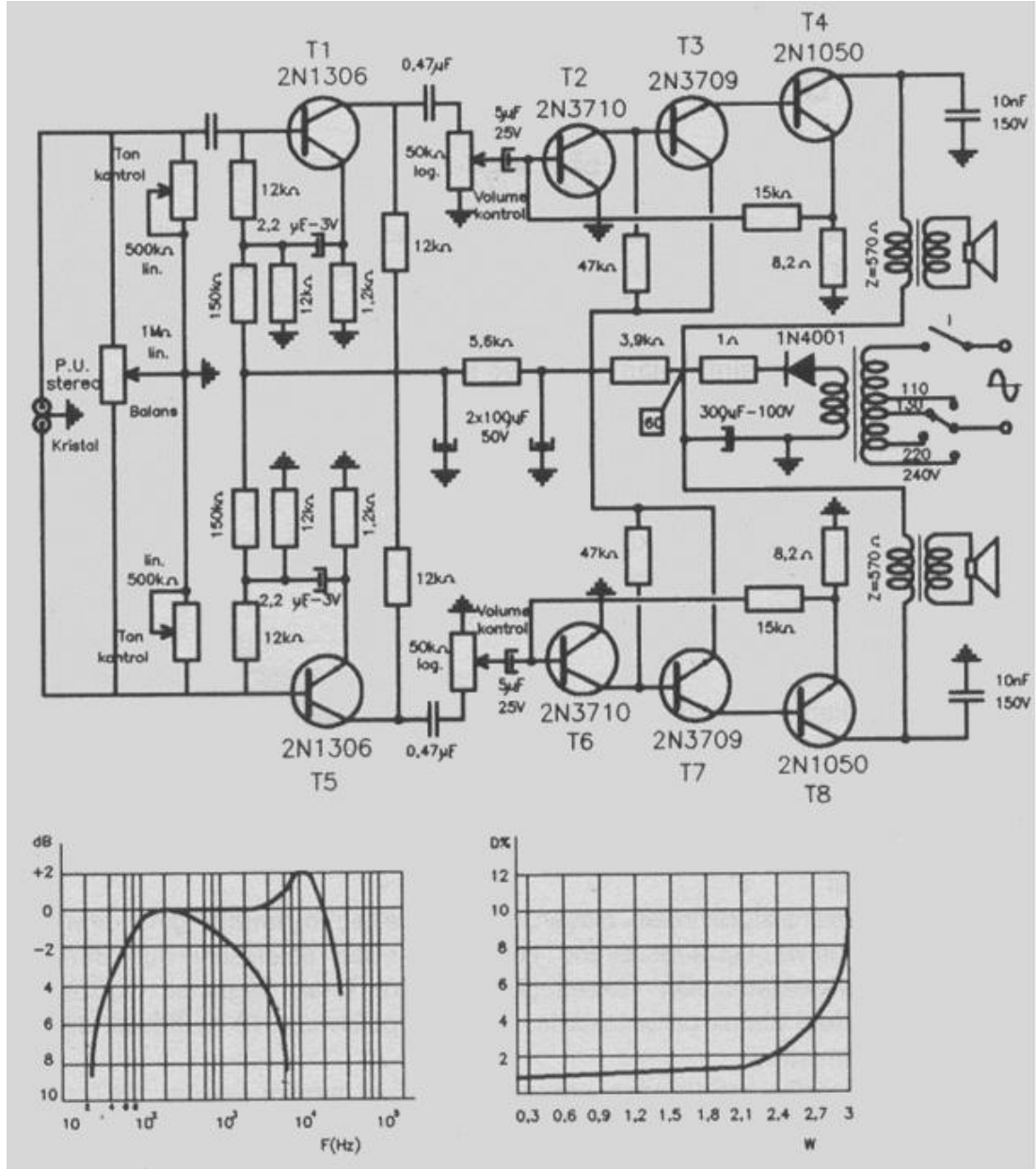
Stereo pikap kafasındaki kristalin titreşimiyle oluşan gerilim iki kanalın girişine uygulanmaktadır. Girişteki balans potansiyometresi simetrik yüklemeyi sağlamaktadır. Ton kontrolü için 500 K Ω 'luk iki potansiyometre konmuştur.

Giriş işareti, ön yükselteçlerin beyzine 0,1 μ f'lık kondansatörler üzerinden uygulanmaktadır.

2N1306 transistörlerinden oluşan ön yükselteç biriminin giriş direncini büyütmek amacıyla üç adet direnç konmuştur. Beyz polarması bu dirençler üzerinden yapılmaktadır. Ön yükselteçler emiteri ortak bağlantılı düzende gerilim yükselteci olarak çalışmaktadır. Kollektör polarması 12 K Ω 'luk direnç üzerinden yapılmıştır.

Ön yükselteçler kendisinden sonra gelen ikinci gerilim katına 0,47 μ f'lık kondansatör, 50 K Ω 'luk volüm potansiyometresi ve 5 μ f'lık elektrolitik kondansatör üzerinden bağlanmışlardır. Bu bir C-R-C kuplajıdır. Kondansatörler aynı zamanda katlar arası DC etkileşimi önlemektedir. Elektrolitik kondansatör ayrıca ikinci kat gerilim yükselteci olan ve A sınıfı çalışan 2N3710 transistörünün beyz polarma gerilimi üzerine işaret geriliminin dengeli olarak bindirilmesini sağlar. Bu bir nevi polarma geriliminin modülasyonu (şekil verilmesi)'dur.

İkinci gerilim yükselteci katı olan 2N 3710 transistörü, emiteri ortak bağlantılı çalışma yapmaktadır. 15 K ' lik direnç üzerinden negatif geri besleme yapılmıştır. 2N3710 transistörü, kendinden sonra gelen ve çıkış güç transistörü olan 2N3709 transistörüne direk kuplaj ile bağlıdır.



Şekil 2.18: 2 ks 3W'lık HI-FI stereo yükselteç

2N3710 transistörünün kollektör polarma gerilimi ile 2N3709 transistörünün beyz polarması ortak olarak 47 KΩ'luk direnç üzerinden sağlanmıştır. 2N3709 transistörü kollektörü ortak bağlantılı olarak çalışmakta ve çıkış katına direk kuplajlı bağlantı ile gerekli gücü sağlamaktadır. Çıkış katı transistörü 2N1050 bir güç transistörü olup, emiteri ortak bağlantılı olarak

çalışmaktadır. Çıkış trafosu üzerinden hem hoparlör çalıştırılmakta hem de kollektör polarma gerilimi sağlanmaktadır.

2N1050 transistörünün kollektörüne bağlı 10nF'lik bir kondansatör hem yüksek frekanslı harmoniklerin ve parazitlerin toprağa verilmesini sağlamakta hem de transformatörden gelecek olan zıt endüksiyon şoklarından transistörü korumaktadır.

Hoparlör çıkışı transformatör üzerinden yapılmıştır Böylece hem empedans uygunluğu sağlanarak randıman artırılmakta hem de istenilen bir hoparlör seçilerek çalışma esnekliği yaratılmaktadır.

Çıkıştaki 2N3709 sürücü transistörü ile 2N1050 güç transistörü fazla akım çektiklerinden ısınırlar. Soğutulmalarını sağlamak için ya özel soğutucu üzerine ya da beyz ve emiteri izolasyonla korumak suretiyle şase üzerine monte etmek gerekir.

En uygunu soğutucu üzerine montedir, özellikle 2N1050 için 50 cm² yüzeyli bir soğutucu kullanılmalıdır. Çıkış transformatörlerinin özel olarak sarılması gerekir. Primer sargı direnci $Z = 570 \Omega$ olacaktır. Sekonder sargı direncinin, kullanılacak hoparlör bobini ile aynı direnç değerinde olması tercih edilir. 4 veya 8 Ω 'luk bir hoparlör kullanılabilir.

Şekilde görüldüğü gibi yükselteç, 1N537 diyodu veya muadili ile doğrultma yapılan ve çıkışında pi (π) tipi filtre bulunan bir kaynak tarafından beslenmektedir.

Şeklin altındaki karaktersistik eğrilerinden de anlaşıldığı gibi, yükselteç 20 KHz'e kadar normal çıkış vermekte, 20 KHz'den sonra zayıflama artmaktadır. ± 3 dB'lik tolerans sınırı esas alınırsa, 40 Hz ile 30 KHz arasında tatminkâr çıkış vermektedir. Keza distorsiyon da, 285 W'a kadar tolerans sınırları içinde kalmaktadır. Ondan sonra hızla artmaktadır.

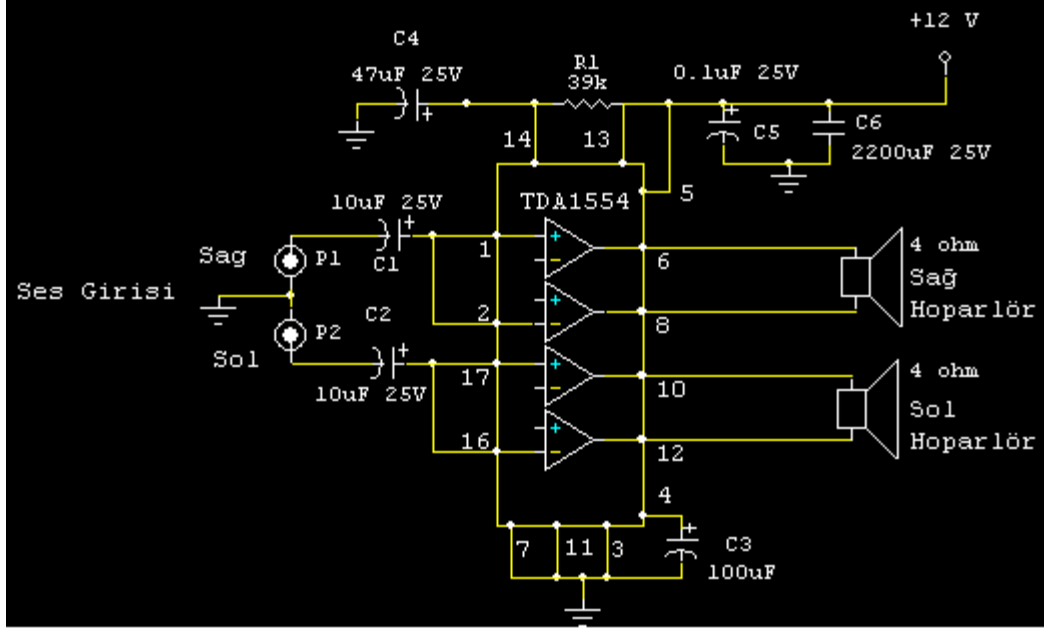
Bu değerler ideal bir HI-FI değerlerine göre daha kötüdür. Ancak, bu devre kolay uygulanır olması bakımından tercih edilmiştir. Yeni başlayanlar için anlaşılması ve takibi kolaydır.

➤ **Karakteristik değerler**

- Besleme gerilimi: 60 V
- Akım sarfıyatı: 300 mA
- Giriş direnci: 40 K Ω
- Giriş gerilimi: (1 KHz'de) her bir kanal için, 200 mV (3 W çıkışta)
- Çıkış gücü (her bir kanalda): 3 W (% 10 distorsiyonlu) : 1 W (% 0.9 distorsiyonlu)
- Çıkış empedansı: Hoparlör bobin empedansı (4-8 Ω) ve buna eş değer transformatör sekonderi
- Frekans karakteristiği: ± 3 dB 'de 40 Hz - 30 KHz
- Besleme transformatörü: Prirneri : 220 - 240 V, sekonderi: 60 V - 0,5 A - 30 VA
- Çıkış transformatörü: Primeri: 570 Ω empedanslı, sekonderi: Hoparlör empedansına uygun, gücü: En az 3W

➤ 22W Stereo amplifikatör

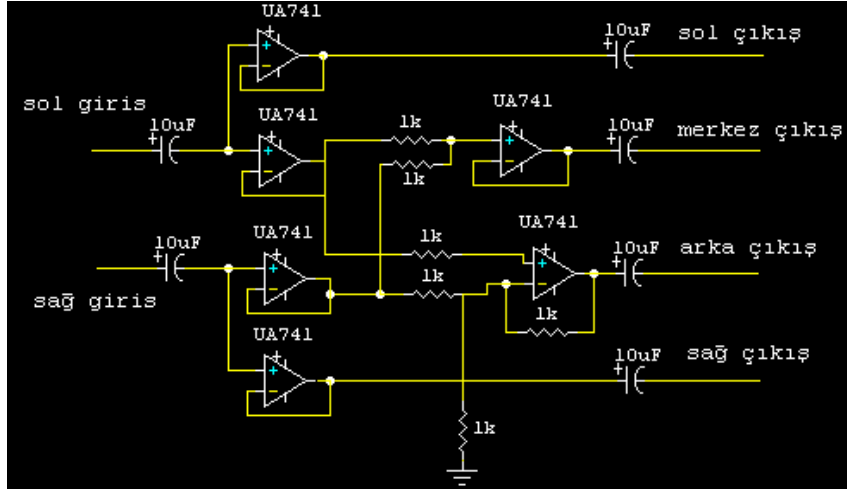
Açıklama: Şekil 2.19'daki devrede verilmiş olan TDA1554, katalogda 2 Ω hoparlörle 4x11 W güç verebilmektedir. Devremizde iki opamp paralel bağlanarak 4 Ω 'luk hoparlörle 2x11 W şeklinde kullanılmıştır. Entegre soğutucuya bağlanmalıdır. Eğer iyi bir soğutucuya bağlanırsa 28W'a kadar çıkabilir. Max ses almak istersek kaynağımızın değerleri 12 V 5A olması gerekmektedir.



Şekil 2.19:22 W Stereo amplifikatör devresi

➤ Surround sound

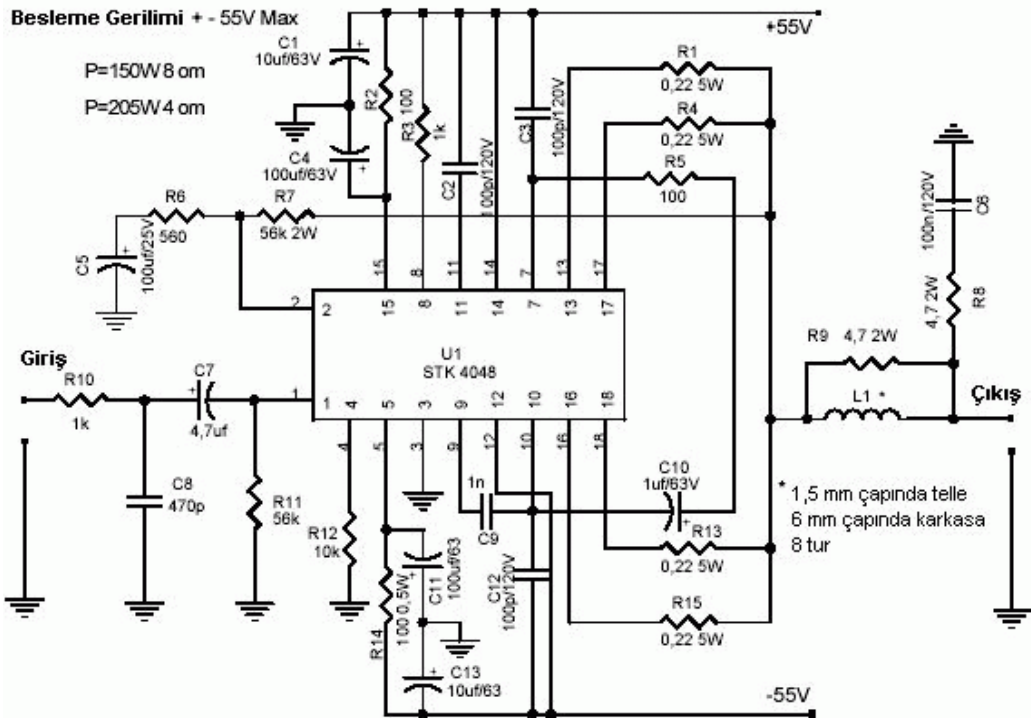
Sistem stereo girişi sağ sol ön ve arka olmak üzere 4 farklı çıkışa ayırır. Bunu için 6 tane opamp kullanılmıştır. Girişte kullanılan opamlar voltaj takipçisi olarak kullanılmıştır. Diğer kullanılan 2 opamp ise birincisi fark alıcı ikincisi ise toplayıcı olarak kullanılmıştır. Opamlar hakkında daha çok bilgi için tıklayınız. Genellikle sinema salonlarında kullanılan surround sound (home theatre) sistemidir.



Şekil 2.20: Surround ses devresi

➤ 205W audio amplifikatör

Audio amplifikatörler elektronik dünyasında popüler olan bir bölümdür. Firmalar bunun için özel entegreler piyasaya sürmektedir. Firmaların ürettiği STK 4048 yüksek güçlü, düşük distorsiyonlu bir entegredir. Entegre $\pm 55\text{ V}$ da $4\ \Omega$ 'luk hoparlörde 205 W $8\ \Omega$ 'luk hoparlörde 150W güç vermektedir.



Şekil 2.21:205W Audio amplifikatör devresi

2.3.Güç Amplifikatörü Arızaları

➤ Amplifikatör arızaları

Amplifikatörlerde arıza meydana gelmiş ise ilk yapılacak iş cihazın içi tozdan arındırılmalı ve temizleyici sıvılarla kart temizlenmelidir. Elektronik kart üzerinde çatlak ve soğuk lehim kontrolü yapıldıktan sonra ölçme metoduyla arıza aranmalıdır.

Amplifikatörlerde genellikle çıkış yükünün farklı bağlanmasından dolayı çıkış transistöründe ve besleme ünitesinde arızalar görülür.

➤ Arızanın tespiti

Çıkışına hoparlör bağlı amplifikatörün hiç çalışmamasının sebebi aşağıdaki durumlar olabilir.

A: Amplifikatör çalışmıyor.

Ç: Çatlak ve soğuk lehim kontrolü yapılır. Çatlaklar tamir edilerek varsa soğuk lehimler tazelenmelidir.

A: Amplifikatör çalışmıyor.

Ç: Kart üzerinde aşırı ısınan transistör ve diğer elemanlar var ise değiştirilmelidir.

A: Amplifikatör çalışmıyor.

Ç: Besleme girişi ölçülmelidir. Girişte gerilim yok ise giriş sigortası ve giriş anahtarı ölçülmelidir. Sigorta veya anahtar sağlam değilse yenisiyle değiştirilmelidir.

A: Amplifikatör çalışmıyor.

Ç: Giriş sigortası ve giriş anahtarı sağlamsa gerilim kablosu ölçülmeli ve arızalı olan kablo değiştirilmelidir.

A: Amplifikatör çalışmıyor.

Ç: Trafo girişlerinde gerilim var çıkışında gerilim yoksa amplifikatör çalışmaz, trafo yanmıştır, değiştirilmesi gerekir.

A: Amplifikatör çalışmıyor.

Ç: Trafo çıkışında ac sinyal var, ama besleme çıkışında dc gerilim yok, dc besleme sigortası bozuktur kontrol edilip değiştirilmesi gerekir.

A: Amplifikatör çalışmıyor.

Ç: Besleme katındaki diyot ve transistörler kontrol edilmelidir.

A: Amplifikatörün hoparlörlerinden ses geliyor; ama girişteki ses duyulmuyor.

Ç: Giriş jakı küflenmiş ya da terminallerindeki bağlantı kopmuş olabilir kontrol edilip değiştirilmelidir.

A: Giriş bağlanan ses sinyali çıkıştan duyulmuyor.
Ç: Böyle bir arızada giriş sinyali jeneratörü bağlanarak 1KHz ve yeterli genlikte sinüsoydal sinyal amplifikatöre uygulanmalıdır. Sırasıyla ön amplifikatör, volüm kontrol, 1.sürücü devresi, limiter, 2. sürücü devresi ve güç amplifikatörüne ait transistörlere osilaskob bağlanarak sinyal takibi yapılmalıdır.

A: Volüm potansiyometresi ayar yapmıyor.
Ç: Potansiyometre bozulmuştur değiştirmek gerekir.

A: Potu çevirirken hışırtı oluyor.
Ç: Potansiyometrenin spreyle temizlenmesi gerekir.

A: Hoparlörlerden ses gelmiyor.
Ç: Hoparlör çıkışındaki jaklar kontrol edilmelidir.

A: Çıkışların biri çalışıyor diğeri çalışmıyor
Ç: Yanmış olan çıkış katının ünitelerinde sinyal takibi yapılmalıdır.

A: Sinyal takibi cihazın sağlam olduğunu gösteriyor.
Ç: Giriş ve çıkış elemanları kontrol edilmelidir.

➤ **Arızanın giderilmesi**

Aşağıda verilen işlem basamaklarını uygulayarak arızalı bir mikserin arıza giderme uygulamasını gerçekleştiriniz.

➤ **İşlem basamakları öneriler**

Bağlantı tesisatını ölçünüz. Gerilim kablosu ve jaklar kontrol edilmelidir.

Amplifikatör iç ve dış sigortalarını kontrol ediniz.

Her amplifikatörün iç ve dış sigortası vardır. Bazı dış sigortalar gözle ilk etapta görülmeyen bir yerde olabilir.

Amplifikatör besleme voltajını ölçünüz.

Amplifikatör girişlerinde AC sinyal vardır. Ölçü aleti uygun konuma ve en yüksek kademeye alınmalıdır.

Hoparlör sağlamlık kontrolünü yapınız.

Devre takibi yapınız. Devre takibi ile amplifikatörleri oluşturan üniteleri tespit edebilirsiniz.

Amplifikatör çıkışlarını kontrol ediniz.

Sinyal jeneratörü bağlayıp amplifikatör çıkışını gözlemleyebilirsiniz.

Amplifikatör çıkış transistörlerini söküp ölçünüz.

Amplifikatör sürücü transistörlerini söküp ölçünüz.

Amplifikatöre bağlı ek cihazları kontrol ediniz.

Amplifikatöre çalıştığına emin olduğunuz cihazları takabilirsiniz.

UYGULAMA FAALİYETİ

22 watt stereo amplifikatör devresini yaparak çalıştırınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Entegreli güç amplifikatörünün baskı devresini hazırlayınız.	➤ Şekil 2.19: 22W stereo amplifikatör devresi için baskı devreyi oluşturunuz.
➤ Malzemelerin sağlamlık kontrolünü yapınız.	➤ Kullanacağınız malzemelerin sağlamlık kontrollerini yapınız.
➤ Malzemeleri montajını yapınız.	➤ Malzemeleri baskı devredeki hazırladığınız yerlere montajını yapınız.
➤ Amplifikatör devresini test ediniz.	➤ Devre montaj işlemini bitirdikten sonra devreyi test ediniz.
➤ Amplifikatör devresi arızalarını gideriniz.	➤ Herhangi bir arıza oluşumunda arıza karteksindeki sıralamayı takip ediniz.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme	Evet	Hayır
1. Entegreli güç amplifikatörünün baskı devresini hazırlayabildiniz mi?		
2. Malzemelerin sağlamlık kontrolünü yapabildiniz mi?		
3. Malzemeleri montajını yapabildiniz mi?		
4. Amplifikatör devresini test edebildiniz mi?		
5. Amplifikatör devresi arızalarını giderebildiniz mi?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki cümleleri dikkatlice okuyarak boş bırakılan yerlere doğru sözcüğü yazınız.

1. Güç yükselteçleri genellikle, en büyük güç kazancı veren "....." da çalıştırılır.
2. C sınıfı güç yükselteçlerinde,ya ters işaretli polarma gerilimi uygulanmakta ya da hiç uygulanmamaktadır.
3. HI-FI deyimini, İngilizce "....." kelimelerinin ilk iki harfleri alınarak oluşturulmuştur.
4. Stereofonik sistem, daha kısa deyimiyile "stereo sistem"..... boyutlu ses veya müzik yayını yapan sistemdir.
5.sistemde, sese, sağ, sol, ön, arka gibi daha büyük boyut kazandırmak amacı ile 4 kanallı yayın yapılmaktadır.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise “Modül Değerlendirme”ye geçiniz.

MODÜL DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki cümleleri dikkatlice okuyarak boş bırakılan yerlere doğru sözcüğü yazınız.

1. Emiteri ortak yükselteç kullanılanyükselteç türüdür.
2. Akım kazancı, çıkış akımının giriş akımına..... ile bulunur
3. Junction Field Effect Transistör kısaca.....denir.
4. Field Effect Transistör ya da kısaca bilinen adı iledır.
5. Metal Oxide Silicon Field Effect Transistör ya da kısaca bilinene adı iledır.
6. Güç verimi, bir yükseltecin yük üzerinde harcanan gücün,çekilen güce oranına denir.
7. Kuplaj, sinyalin bir kattanaktarma işlemidir.
8. Bozulma, değişikliğe uğrama, girişe uygulanan ya da üretilen sinyalin orijinal dalga şeklinde bulunmayan özelliklerin çıkışta meydana gelmesine.....denir.
9. Güç yükselteçleri genellikle, en büyük güç kazancı veren "....." da çalıştırılır.
10. C sınıfı güç yükselteçlerinde,ya ters işaretli polarma gerilimi uygulanmakta ya da hiç uygulanmamaktadır.
11. HI-FI deyiimi, İngilizce "....." kelimelerinin ilk iki harfleri alınarak oluşturulmuştur.
12. Stereofonik sistem, daha kısa deyiimiyle "stereo sistem"..... boyutlu ses veya müzik yayını yapan sistemdir.
13.sistemde, sese, sağ, sol, ön, arka gibi daha büyük boyut kazandırmak amacı ile 4 kanallı yayın yapılmaktadır.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise “Uygulamalı Test”e geçiniz.

UYGULAMALI TEST

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için Evet, kazanamadığınız beceriler için Hayır kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Ortak emiterli yükselteç devresi kurabildiniz mi?		
2. Devrenin emiter beyz ve kolektör akımlarını osilaskopla ölçebildiniz mi?		
3. Amplifikatör devresinin verimini ölçebildiniz mi?		
4. Amplifikatör devresinin gerekli empedans uygunlaştırmasını yapabildiniz mi?		
5. Entegreli güç amplifikatörünün baskı devresini hazırlayabildiniz mi?		
6. Malzemelerin sağlamlık kontrolünü yapabildiniz mi?		
7. Malzemeleri montajını yapabildiniz mi?		
8. Amplifikatör devresini test edebildiniz mi?		
9. Amplifikatör devresi arızalarını giderebildiniz mi?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “**Hayır**” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “**Evet**” ise bir sonraki modüle geçmek için öğretmeninize başvurunuz.

CEVAP ANAHTARLARI

ÖĞRENME FAALİYETİ-1'İN CEVAP ANAHTARI

1	En Çok
2	Oranı
3	Jfet
4	Fet
5	Mosfet
6	Güç Kaynağından
7	Diğer Kata
8	Distorsiyon

ÖĞRENME FAALİYETİ-2'NİN CEVAP ANAHTARI

1	Emiteri Ortak Bağlantı
2	Transistör Girişine
3	High Fidelity
4	İki
5	Kuadrofonik (Quadrophonic)

MODÜL DEĞERLENDİRMENİN CEVAP ANAHTARI

1	En Çok
2	Oranı
3	Jfet
4	Fet
5	Mosfet
6	Güç Kaynağından
7	Diğer Kata
8	Distorsiyon
9	Emiteri Ortak Bağlantı
10	Transistör Girişine
11	High Fidelity
12	İki
13	Kuadrofonik (Quadrophonic)

KAYNAKÇA

- ÇETİN Kadir, **Endüstriyel Elektronik**, Birsen Yayınevi, İstanbul, 2002.
- ÖZDEMİR Ali, **Endüstriyel Elektronik**, Birsen Yayınevi, İstanbul, 2001.
- NACAR Mahmut, **Elektrik ve Elektronik Ölçmeleri**, Birsen Yayınevi, İstanbul, 2000.
- PASTACI Halit, **Elektrik ve Elektronik Ölçmeleri**, Birsen Yayınevi, İstanbul, 2001.