

DENEY 7: GÜÇ KUVVETLENDİRİCİLERİ 1

Amaç: A ve B sınıfı kuvvetlendiricilerin incelenmesi ve gerçekleştirilmesi.

Malzeme Listesi:

Transistör: 1xBC237, 1xDB135, 1xBD136

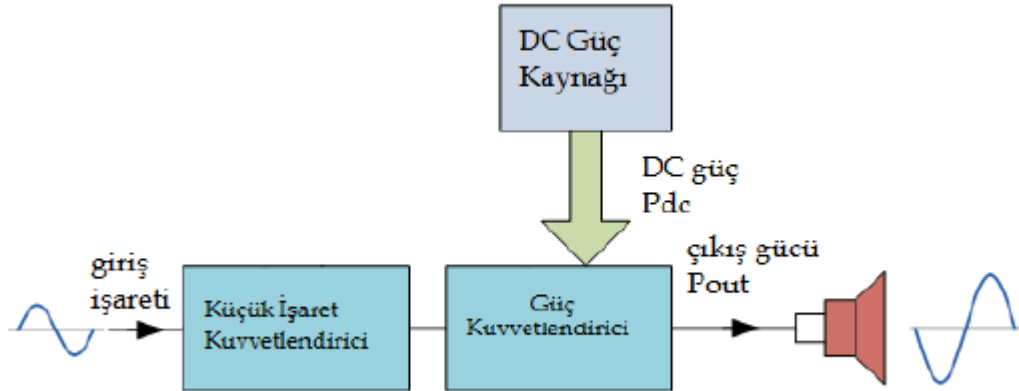
Direnç: 2x110k Ω , 2x10k Ω , 2x1,5k Ω , 1x24 Ω , 4x120 Ω (1/2watt), 2x1,2k Ω , 1x2,2k Ω

Kondansatör: 2x1 μ f, 1x4,7 μ f

7.1. Genel Bilgi

Kuvvetlendiriciler, kuvvetlendirdikleri elektriksel özelliğe göre adlandırılırlar. Buna göre gerilim, akım ve güç kuvvetlendiricileri olmak üzere 3 tip kuvvetlendirici vardır. Arka arkaya bağlanmış kuvvetlendirici devreler zincirinin ilk ve ara katlarında gerilim veya akım kazancı sağlayan kuvvetlendiriciler kullanılır. Bu katlar için güç kazancı önemli değildir. Bu katlar giriş ve ara kuvvetlendirici katları olup bunların görevleri küçük genlikli işaretleri kuvvetlendirip çıkış katına iletmektir. Ayrıca bu katlardaki transistörler aktif bölgede çalıştıklarından çıkış işaretinde distorsiyon (bozulma) olmaz.

Şekil 1’de de görüldüğü gibi güç kuvvetlendiricileri, kuvvetlendirici devreler zincirinin en son katında bulunurlar. Bu katın amacı güç kazancı sağlamaktır. Çünkü bu kuvvetlendiricilerden, çıkış katlarında bulunabilecek hoparlör veya motor gibi dönüştürücüleri sürmeleri beklenmektedir. Çıkış katında fazla güç çekildiğinden devre elemanları üzerinde ısı kaybı meydana gelir.



Şekil 1. Küçük işaret kuvvetlendiricisi ve güç kuvvetlendiricisinin arka arkaya bağlanması

Kuvvetlendirilen işareti yüke aktaracak olan güç kuvvetlendiricilerinin aşağıda belirtilmiş olan temel özellikleri yerine getirmeleri istenir:

1. Çıkış akımının büyük olması
2. Çıkış geriliminin geniş bir sınır içinde dalgalanması
3. Çıkış empedansının düşük olması
4. Sükûnette harcadığı gücün az olması
5. Frekans karakteristiğinin geniş bantlı olması

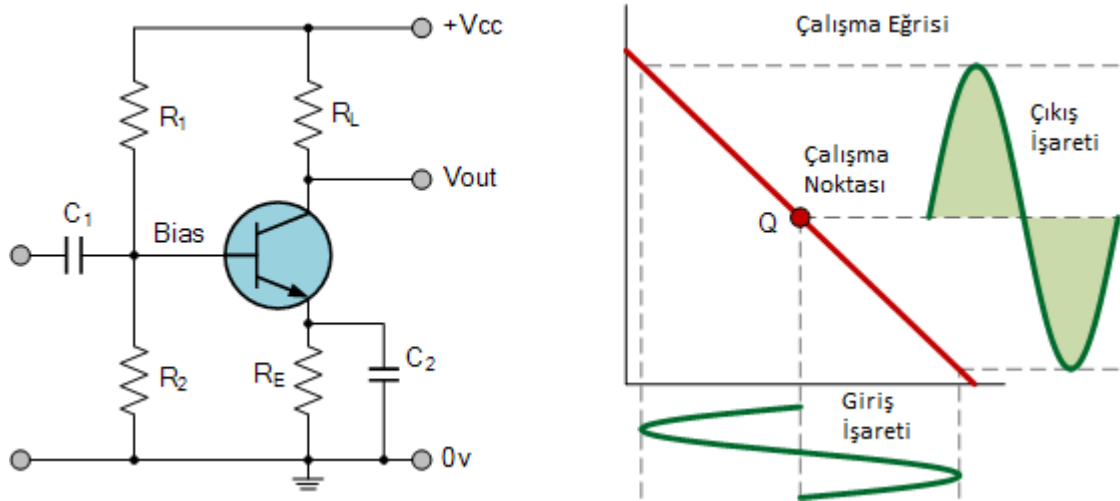
Güç kuvvetlendiricilerinde yüke aktarılan güç önemlidir. Devre elemanları tarafından harcanan güç ve kayıplar sebebiyle girişe uygulanan gücün tamamı çıkışa aktarılamaz. Yüke aktarılan güç P_Y ve kaynaktan çekilen güç P_{DC} olarak adlandırılır. Yüke aktarılan gücün kaynaktan çekilen güce oranına verim denilir ve η ile gösterilir.

$$\eta = \frac{P_Y}{P_{DC}}$$

Devrede harcanan güç ve kayıplar sebebiyle verim %100'den düşük olacaktır. Güç kuvvetlendiricileri kullanım amaçlarına göre farklılık göstermektedir. Bazı devrelerde verim ön planda tutulurken bazı devrelerde ise yüke aktarılan gücün doğrusal olması ön planda tutulur. Kuvvetlendiricilerin girişine uygulanan işaret ve transistör üzerindeki akımın akış açısına bağlı olarak verimlilik oranı ve doğrusallığı değişir. İşte güç kuvvetlendiricileri bu değişimlere göre sınıflandırılır.

7.2. A Sınıfı Güç Kuvvetlendiricileri

A sınıfı güç kuvvetlendiricileri, kaynaktan girişe uygulanan işaretin iki alternansını (pozitif ve negatif periyotlarını) da kuvvetlendirerek yüke aktarır. Çıkış gerilimi giriş gerilimi ile lineer olarak artar. 0V ile 0.7V arasında nonlineer bir davranış sergileyen transistörün giriş karakteristiği A sınıfı kuvvetlendirici sayesinde dışarıda tutulur ve nonlineer kutuplama oluşması engellenir.



Şekil 2. a) A sınıfı güç kuvvetlendirici devresi, b) A sınıfı güç kuvvetlendirici girişine uygulanan işarete karşılık çıkış işareti

$$P_{DC} = \frac{V_{CC}^2}{R} = V_{CC} \times I_{CQ}$$

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B} \quad I_C = \beta I_B$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C \cdot R_L$$

Denklemleri A sınıfı kuvvetlendirici için yazılabilir. Yüke aktarılan işaretin maksimum olabilmesi için çalışma noktasında $V_{CE} = 1/2V_{CC}$ olmalıdır. Bu durumda kollektör akımı olan $I_C = V_{CC}/2R_L$ olur. Buradan çalışma noktası değerleri $V_{CEQ} = \frac{V_{CC}}{2}$ ve $I_{CQ} = \frac{V_{CC}}{2R_L}$ olarak hesaplanır.

$$P_Y = R_L \left(\frac{I_m}{\sqrt{2}} \right)^2 = \frac{R_L \cdot I_m^2}{2}$$

$$I_m = \frac{V_m}{R_L} = \frac{V_{CC}}{2R_L}$$

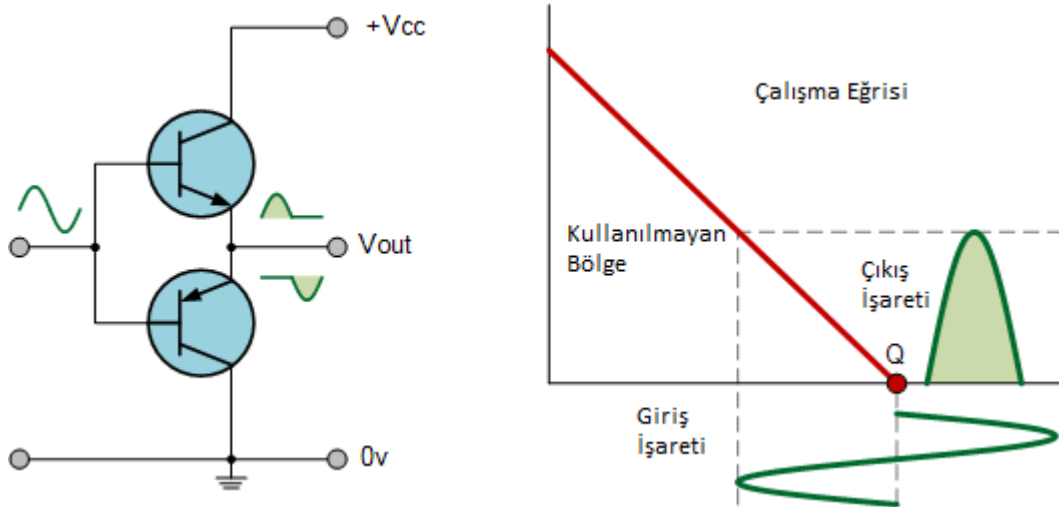
$$P_Y = \frac{R_L}{2} \cdot \left(\frac{V_{CC}}{2R_L} \right)^2 = \frac{V_{CC}^2}{8R_L}$$

$$\eta = \frac{P_Y}{P_{DC}} = \frac{1}{4} = \%25$$

Denklemden de anlaşılacağı üzere A sınıfı kuvvetlendiriciler için maksimum verim %25'tir. Kalan %75'lik güç ise transistörler üzerinde harcanır. Bu sebeple A sınıfı kuvvetlendiriciler düşük verimlilikte kuvvetlendiricilerdir.

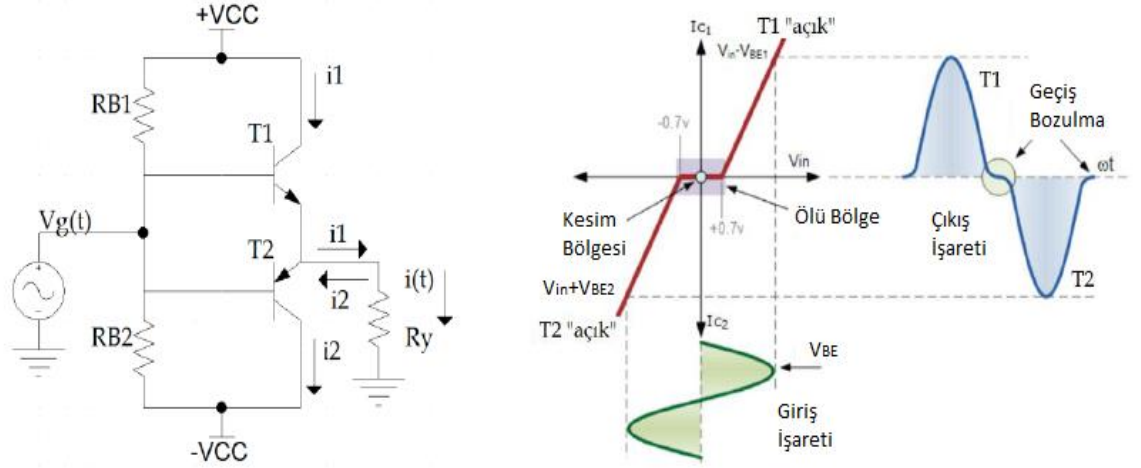
7.3. B Sınıfı Güç Kuvvetlendiricileri

A sınıfı kuvvetlendiricilerde seçilen Q çalışma noktası sebebiyle giriş işaretinin iki alternansı (pozitif ve negatif periyotlar) da kuvvetlendirilmektedir. B sınıfı güç kuvvetlendiricilerinde bir transistör için girişe uygulanan işaretin bir yarı periyodu kuvvetlendirilerek çıkışa aktarılır.



Şekil 3.a) B sınıfı güç kuvvetlendirici devresi, **b)** B sınıfı güç kuvvetlendirici girişine uygulanan işarete karşılık çıkış işareti

Bu durumda işaret kaybı olmaması, yani iki alternansında kuvvetlendirilmesi için birbirine eşlenik (pnp-npn) iki transistör kullanılır. Verim olarak A sınıfı kuvvetlendiricilerden daha yüksektir, ancak lineerlik bu sınıfta daha azdır.



Şekil 4 a) B sınıfı push-pull (it-çek) kuvvetlendirici devresi b) Kuvvetlendirici girişine uygulanan işarete karşılık çıkış işareti ve geçiş bozulması (cross-over distortion)

$V_i > V_{BE}$ durumunda birinci transistör iletimde iken,

$V_i < V_{BE}$ durumunda ikinci transistör iletimde olacaktır. Giriş voltajı 0 olduğunda transistörler kesimde olduğu için akım akmaz. $V_{BE}=0.7V$ eşiği geçilene kadar transistör iletime geçmeyecektir. Bu ölü bölge oluşmasına sebebiyet verir ve geçiş bozulması (Cross-over distortion) oluşur.

Şekilde verilen devreye giriş işareti uygulandığında, işaretin pozitif alternansında NPN transistör (T1) iletimde, PNP transistör (T2) kesime girecektir. T1 transistöründen geçen akımın tamamı (i_1), T2 kesimde olduğundan yük direnci R_y üzerinden geçecektir.

Giriş işaretinin negatif alternansında ise önceki durumun tersine T1 kesimde T2 ise iletimde olacaktır. Böylece T2'den geçen (i_2) akımının tamamı R_y yük direnci üzerinden geçecektir. Bu sayede ters yönlerde akan (i_1) ve (i_2) akımları sayesinde R_y üzerinde giriş işaretine benzer bir çıkış işareti elde edilecektir.

$$P_{DC} = 2V_{CC} \cdot I_{DC} , \quad I_{DC} = \frac{I_m}{\pi}$$

$$P_{DC} = 2V_{CC} \cdot \frac{V_m}{\pi R_L} \cong \frac{2V_m^2}{\pi R_L} [V_m \cong V_{CC} \text{ dir.}]$$

$$P_Y = I_{eff} \cdot V_{eff} = \frac{I_m \cdot V_m}{2} = \frac{V_m^2}{2R_L}$$

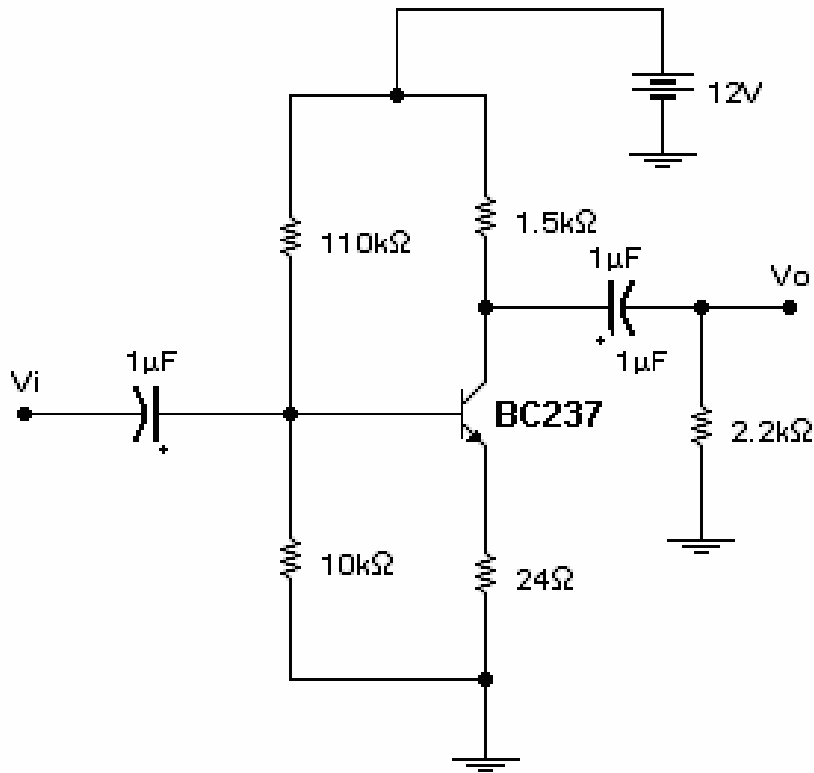
$$\eta = \frac{P_Y}{P_{DC}} = \frac{V_m^2}{2R_L} \cdot \frac{\pi R_L}{2V_m^2} = \frac{\pi}{4} = \%78$$

B sınıfı kuvvetlendiricilerin verimi yukarıda görüldüğü gibi A sınıfı kuvvetlendiriciden daha yüksektir. Ancak giriş işaretinin her iki alternansı kuvvetlendirildiğinden distorsiyonu da yüksektir. Giriş işaretinin tümünü kuvvetlendirmek için simetrik (eş özellikte npn ve pnp) transistörler kullanılmıştır. Bu tür eşlenik iki transistör kullanılarak oluşturulan devrelere push-pull (it-çek) kuvvetlendirici adı verilmektedir.

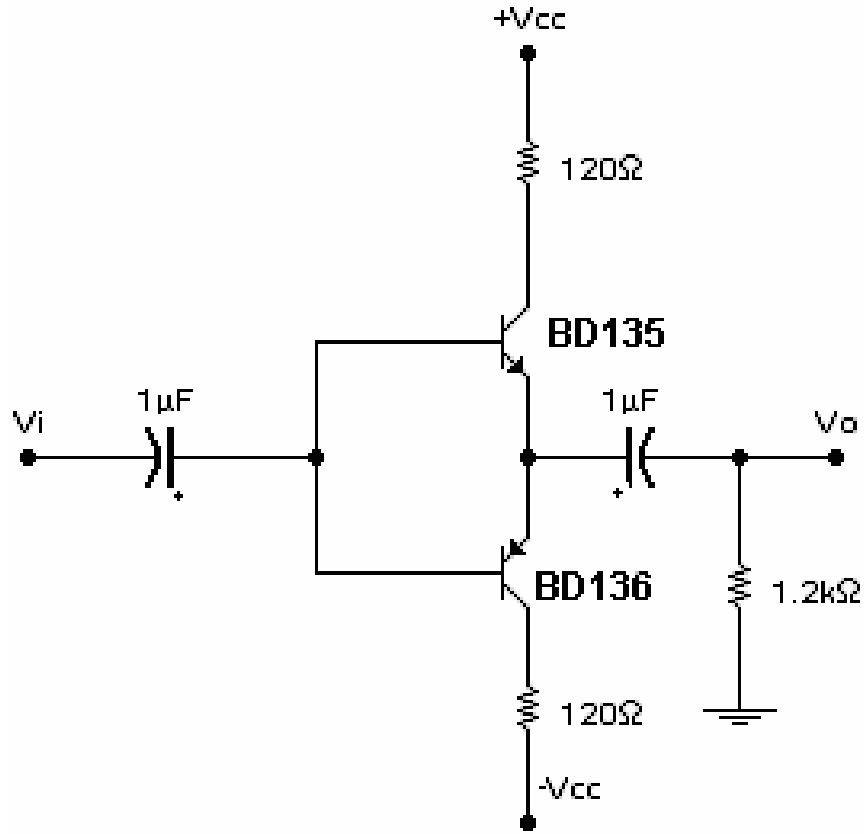
7.4. Deney Öncesi Yapılacaklar

1. Deneyde kuracağınız devrelerin verilen kutuplama şartlarında (yani bu direnç ve besleme gerilimleriyle oluşacak çalışma noktasında) maksimum güç kazancını hesaplayınız.
2. Şekil 5 ve Şekil 6'daki devrenin SPICE simülasyonunu yapınız. $V_i = 1V.\sin(2\pi.10^3.t)$ ve $V_i = 2V.\sin(2\pi.10^3.t)$ için V_o çıkış gerilimini çizdiriniz.

7.5. Deneyde Yapılacaklar



Şekil 5. A sınıfı kuvvetlendirici devresi



Şekil 6. B sınıfı kuvvetlendirici devresi

A sınıfı kuvvetlendirici için;

1. Şekil 4'teki A sınıfı kuvvetlendirici devresini kurunuz ve çalıştırınız. Bu devreyi çalıştırırken devrenin girişine $f = 1\text{kHz}$ 'lik 10mV genlikli bir gerilim uygulayınız. Giriş ve çıkış işaretlerini çiziniz.
2. Devrenin kazancını ve çıkışta bozulma olmadan girişe uygulayabileceğiniz maksimum giriş işareti genliğini tespit ediniz ve sonuç sayfasındaki tabloya yazınız.
3. Kırılma olmadan maksimum çıkış genliğindeki çıkış akımını hesaplayınız ve sonuç sayfasındaki tabloya yazınız.
4. Devrenin verimini ölçülen değerlerden hesaplayınız ve sonuç sayfasındaki tabloya yazınız.

B sınıfı kuvvetlendirici için;

1. Şekil 6'daki eşlenik transistörlü Push-Pull B sınıfı kuvvetlendiriciyi çalıştırınız. Devre girişine $f = 1\text{kHz}$ 'lik 1V genlikli bir gerilim uygulayınız.
2. Giriş ve çıkış işaretlerini alt alta çiziniz.
3. Maksimum çıkış gerilimi değeri için devrenin verimini ölçülen değerlerden yararlanarak hesaplayınız ve tabloya yazınız.

Sorular

1. Güç kuvvetlendirici devreleri temelde ne işe yarar ve nerelerde kullanılır?
2. Güç kuvvetlendiricilerin sınıflandırılması neye göre yapılır?
3. Bir güç kuvvetlendiricisinin verimini tanımlayınız.

DENEY 8 GÜÇ KUVVETLENDİRİCİLERİ 2

Amaç: AB sınıfı kuvvetlendiricilerin incelenmesi ve gerçekleştirilmesi.

Malzeme Listesi

Transistör: 1xDB135, 1xBD136

Diyot: 2x1N4001

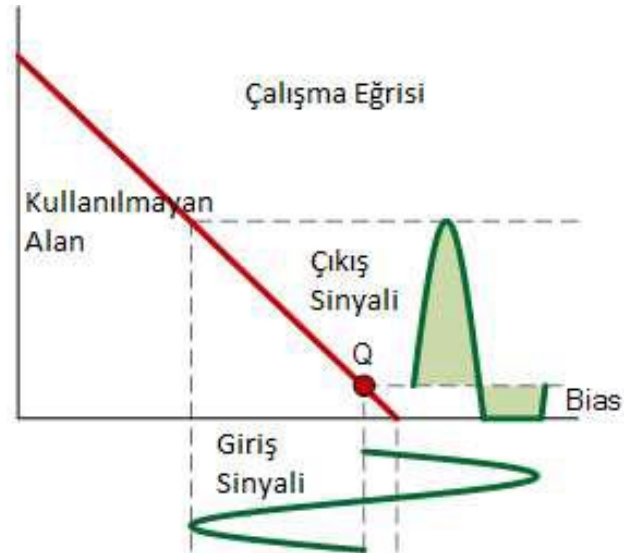
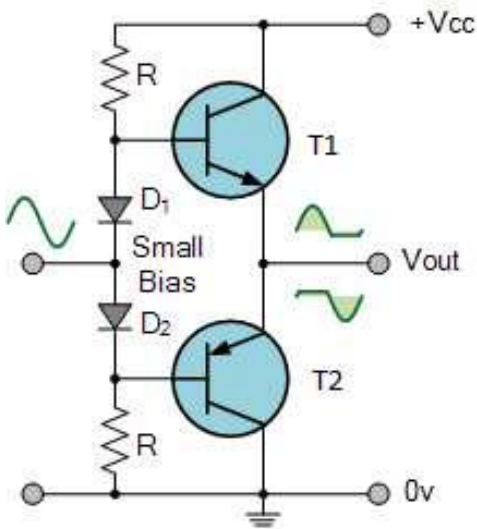
Direnç: 2x110k Ω , 2x10k Ω , 2x1,5k Ω , 1x24 Ω , 4x120 Ω (1/2watt), 2x1,2k Ω

Kondansatör: 2x1 μ f, 1x4.7 μ f

Genel Bilgiler

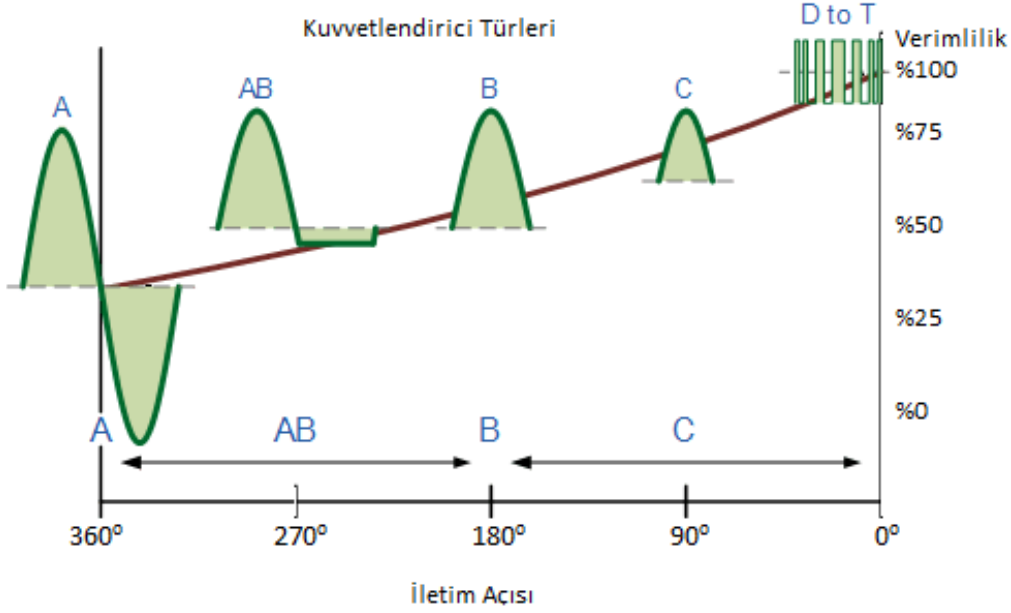
AB sınıfı bir güç kuvvetlendiricisinin çalışma noktası kesim noktasından biraz yukarıda olacak şekilde seçilir (180° den daha fazla iletim). A sınıfı güç kuvvetlendiricisi düşük distorsiyonludur, B sınıfı güç kuvvetlendiricisinin ise verimi daha yüksektir. AB sınıfı güç kuvvetlendirici bu iki uç arasında yer alır.

Geçiş distorsiyonunun önemli olmadığı çalışmalarda B sınıfı güç kuvvetlendiricileri sorunsuz çalışır. Ancak ses frekans güç kuvvetlendiricileri söz konusu olunca geçiş distorsiyonunun ortadan kaldırılması gerekir. Diğer bir ifade ile B sınıfı kuvvetlendiricilerde oluşan geçiş distorsiyonunu önlemek için AB sınıfı güç kuvvetlendiricileri kullanılır. Geçiş distorsiyonunu ortadan kaldırmak için sükûnet halinde çıkış transistörlerinden bir miktar akım geçebilir. Böyle olunca çalışma noktası A ile B sınıfı arasında bir yerdedir. Çalışma noktasında akan bu akımın değeri, çıkış katının maksimum akım değerinin %10'undan büyük değildir.



Şekil 1.a) AB sınıfı güç kuvvetlendirici devresi, **b)** AB sınıfı güç kuvvetlendirici girişine uygulanan işarete karşılık çıkış işareti

Kuvvetlendiriciler kutuplanma durumuna ve buna bağlı olarak da girişine uygulanan işaretin ne kadarını çıkışa aktardığını belirten iletişim açısına göre A, B, AB, C ve D gibi gruplara ayrılırlar.



Şekil 2. Güç kuvvetlendirici sınıflarının çıkış dalga şekilleri, iletim açıları ve verimliliklerinin karşılaştırılması

Güç Kuvvetlendiricilerinde Q çalışma noktası maksimum akım değerinin yarısı civarında seçilirse "A sınıfı Kuvvetlendirici" elde edilir. A sınıfı kuvvetlendiricilerde transistörün kollektör akımı sürekli olarak akar. İletim açısı 360° olduğundan, şekilde gösterildiği gibi giriş işareti bozulmaya uğramadan tamamı çıkışa aktarılabilir.

B sınıfı çalışmada ise kollektör akımı işaretin yalnızca yarım periyodunda akar. Yani iletim açısı 180° dir. Şekilde görüldüğü gibi giriş işaretinin yarım alternansı çıkışa aktarılabilir.

C sınıfında ise akım 180° den daha küçük bir aralıkta akmaktadır. Bu nedenle işaretin bir alternansından daha az bir kısmı çıkışa aktarılabilir.

D sınıfı çalışmada transistör doyum ile kesim noktası arasında çalıştırılır. Bu durumda çıkış işareti kare dalga biçiminde olur.

AB sınıfı çalışmada ise transistör 180° den büyük bir iletim açısı ile çalışır ve buna bağlı olarak giriş işaretinin yarım alternansından biraz daha fazlası çıkışa aktarılmış olur.

A Sınıfı : $\theta = 2\pi$

AB Sınıfı : $\pi < \theta < 2\pi$

B Sınıfı : $\theta = \pi$

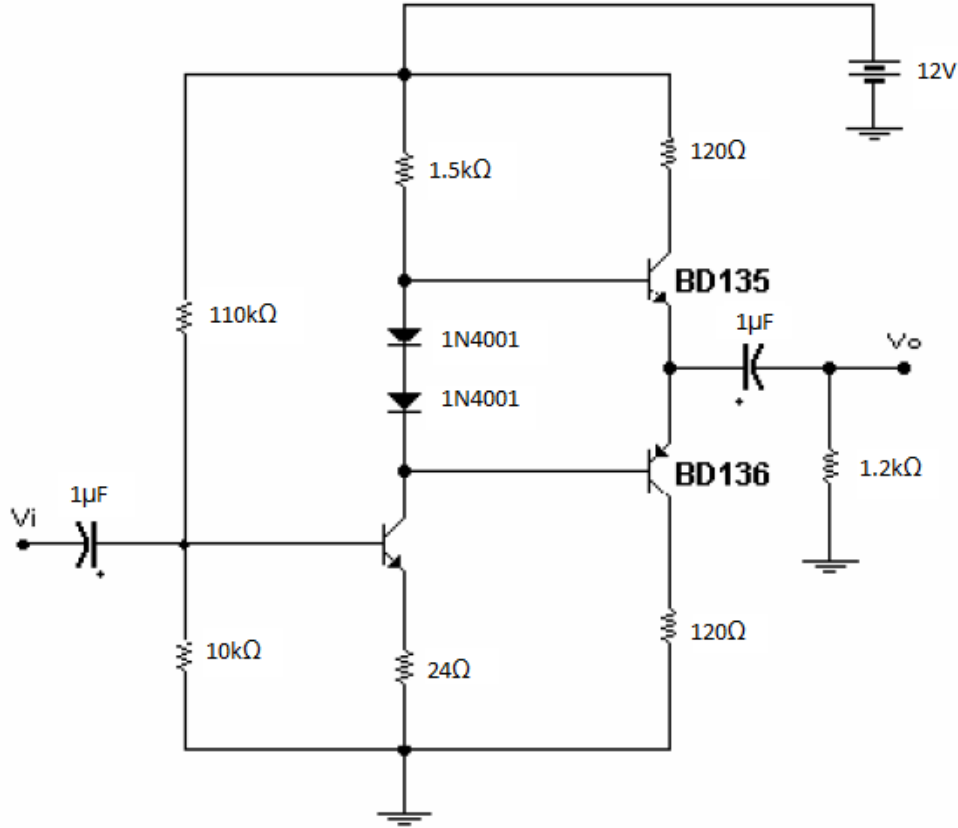
C Sınıfı : $\theta < \pi$

Bu durumda yalnız A sınıfı kuvvetlendiriciler doğrusal kuvvetlendiricilerdir. Diğerleri ise doğrusal olmayan bölgede çalışırlar. Böylece devrelerin çıkış işaretleri giriş işaretinden farklı olacaktır, yani işaret bozulmuş olacaktır.

Bunların dışında şekilde görüleceği üzere kuvvetlendirici sınıflarının iletim açılarına bağlı olarak verimlilik oranları da farklılık göstermektedir. Yüke aktarılan gücün kaynaktan çekilen güce oranı olan verimlilik en düşük A sınıfında iken en yüksek D ve T sınıflarında görülmektedir.

Deney Öncesi Yapılacaklar

1. Deneyde kurulacak devrelerin verilen kutuplama şartlarında (yani bu direnç ve besleme gerilimleriyle oluşacak çalışma noktasında) maksimum güç kazancını hesaplayınız.
2. Şekil 3'teki devrenin SPICE simülasyonunu yapınız. $V_i = 1V \cdot \sin(2\pi \cdot 103 \cdot t)$ ve $V_i = 2V \cdot \sin(2\pi \cdot 103 \cdot t)$ için V_o çıkış gerilimini çizdiriniz.



Şekil 3. AB sınıfı Push-Pull kuvvetlendirici devresi

Deneyde Yapılacaklar

1. Geçiş distorsiyonu düzeltilmiş AB sınıfı Push-Pull kuvvetlendirici DC kutuplama devresi ile birlikte gerçekleştirilecektir. Giriş ve çıkış işaretlerini tabloya çizin.
2. Devrenin verimini ölçülen değerlerden hesaplayınız ve tabloyu doldurunuz.
3. Çıkış işaretinde distorsiyon olup olmadığını belirtiniz.

Deney Sonrası Sorular

1. Güç kuvvetlendiricilerin sınıflandırılması neye göre yapılır ve kaç çeşit güç kuvvetlendiricisi vardır?
2. Bir güç kuvvetlendiricisinin verimini tanımlayınız.
3. AB sınıfı Push-Pull kuvvetlendiricisinde kullanılan diyotlar ne işe yarar?