

**T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI**

UÇAK BAKIM

TRANSİSTÖRLÜ DEVRELER

Ankara, 2013

- 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	iii
GİRİŞ	1
ÖĞRENME FAALİYETİ-1	2
1. TRANSİSTÖRLÜ YÜKSELTEÇLER	2
1.1. Polarma Metotları.....	2
1.1.1. Sabit Polarma	3
1.1.2. Kolektör –Beyz Polarması Otomatik (Geri Beslemeli) Polarma	9
1.1.3. Birleşik (Tam Kararlı-Otomatik) Polarma	12
1.1.4. Transistörlü Yükseltme İşleminin Gerçekleştirilmesi	17
1.1.5. Transistörün Anahtarlama Elemanı Olarak Çalışması	20
1.2. Temel Yükselteç Devreleri.....	24
1.2.1. Emiter Ortak Yükselteç	24
1.2.2. Beyzi Ortak Yükselteç	26
1.2.3. Kolektörü Ortak Yükselteç.....	27
1.3. Yükselteçlerde Çalışma Sınıfları.....	29
1.3.1. A Sınıfı Çalışan Yükselteçler	30
1.3.2. B Sınıfı Yükselteçler	31
1.3.3. C Sınıfı Yükselteçler	32
1.3.4. Faz Tersleyiciler	33
1.3.5. Güç Yükselteç Tipleri	34
1.3.6. Darlington Bağlantı	39
UYGULAMA FAALİYETİ.....	41
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME.....	52
ÖĞRENME FAALİYETİ-2.....	53
2. TRANSİSTÖRLÜ OSİLATÖRLER.....	53
2.1. Kristal Osilatör Yapımı	53
2.2. LC Osilatörler.....	55
2.2.1. Hartley Osilatör Yapımı	58
2.2.2. Kolektörü Akortlu Osilatör Yapımı	60
2.2.3. Tikler Bobinli Osilatör Yapımı	60
2.2.4. Collpitts Osilatör Yapımı	61
2.3. RC Osilatörler	64
2.4. Çoklu Vibratörler	67
2.4.1. Astable Multivibratör Yapımı (Kararsız).....	67
2.4.2. Monostable (Tek Kararlı) Multivibratörlerin Yapımı	69
2.4.3. Biastable Multivibratör Yapımı (Çift Kararlı)	70
UYGULAMA FAALİYETİ.....	72
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME.....	101
MODÜL DEĞERLENDİRME	102
CEVAP ANAHTARLARI.....	106
KAYNAKÇA	108

AÇIKLAMALAR

ALAN	Uçak Bakım
DAL/MESLEK	
MODÜLÜN ADI	Transistörlü Devreler
MODÜLÜN TANIMI	Transistörlü devreler ile ilgili temel bilgi ve becerilerin kazandırıldığı bir öğrenme materyalidir.
SÜRE	40/24
ÖN KOŞUL	Diyotlu Devreler modülünü başarmış olmak
YETERLİK	Transistörlü devreler yapmak
MODÜLÜN AMACI	Genel Amaç Bu modül ile uygun ölçü aletleri ve elektronik teçhizat sağlandığında transistör çeşidine ve yapısına uygun şekilde transistörlü devreleri yapabileceksiniz. Amaçlar 1. Transistörlü yükselteç devrelerini hatasız olarak yapabileceksiniz. 2. Transistörlü osilatör devrelerini hatasız olarak yapabileceksiniz.
EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI	Ortam: Atölyeler ve JAR 145 onaylı bakım merkezleri Donanım: Elektronik deney seti, işlemsel yükselteçler deney seti ve elektronik ölçü aletleri
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,

Asrımızda elektronik çok büyük gelişmeler kaydetmiştir. Ülkemizde uçak elektroniği alanında çok sayıda bilgi ve tecrübeye sahip teknik elemana ihtiyaç vardır. Elektronik bilginin temel devrelerini kavrayarak hem günlük hayatta hem de iş hayatında birçok gelişmeyi ve iyileştirmeyi gerçekleştirerek elektronik konusunda büyük atılımlar yapabileceksiniz.

Elektronikle amatör ya da profesyonel olarak ilgilenen herkesin kendi tecrübelerini ekleyerek yeni bilgiler kazandırdığı bir gerçektir. Eski deneyimlere yeni bilgiler ekleyip sonraki nesillere daha iyi bilgiler miras bırakarak ve elektroniğin gelişmesine katkı yaparak günlük hayatınızı kolaylaştırabilirsiniz.

Elektroniğin en çok geliştiği alanlardan biri uçak elektroniğidir çünkü bütün amaç insan güvenliği olduğundan uçağın da güvenli olması gerekmektedir. Uzağı yakın yapan uçakların daha güvenli olması için siz uçak elektroniği ile uğraşan elektronikçilere çok iş düşmektedir.

ÖĞRENME FAALİYETİ-1

AMAÇ

Uygun ortam sağlandığında transistörün yükselteç devrelerini hatasız olarak yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Transistör nedir? Yapısını oluşturan germanyum ve silisyum maddelerini araştırarak özelliklerini ve yapısını öğreniniz. Bir rapor hâline getirip bunu sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.
- Transistörlü yükselteç devresinin çeşitlerini öğrenerek kullanma yerlerini araştırınız, bir rapor hâline getirip bunu sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.
- Transistörün anahtar olarak kullanılması için dikkat edilmesi gereken konuları araştırınız, bir rapor hâline getirip bunu sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

1. TRANSİSTÖRLÜ YÜKSELTEÇLER

Yükselteçler, zayıf sinyalleri yükselterek hoparlör ve röle gibi dönüştürücülere gönderen elektronik devrelerdir. Sinyallerin gerilim ve güçlerini yükseltir. Yükseltme işlemi, transistör, entegre veya bunların birlikte kullanılmasıyla yapılır.

1.1. Polarma Metotları

Transistörlerin **akım** ve **gerilim** yükseltmesi veya anahtarlama görevini yapabilmesi için uçlarına uygulanan negatif veya pozitif DC ön gerilime “transistörün polarmalandırılması” denir.

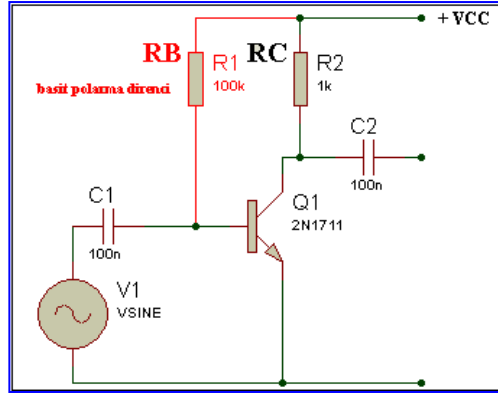
Dengeleme, çalışmaya hazır hâle getirme anlamına gelen polarma işlemi, yükseltecin girişine AC özellikli sinyal uygulanmadan önce tek batarya ile DC besleme kullanılarak transistörün istenilen noktada çalıştırılması amacıyla yapılır. Girişe AC sinyal uygulanmadan önce yükselteç devresinin çektiği akıma boşa çalışma veya sükûnet akımı adı verilir.

Çevre sıcaklığı, ısıya duyarlı olan transistörün boşa çalışma kararlılığına etki ederek devrenin dengeli çalışmasını bozar.

Değişik polarma gerilimi uygulama yöntemleri vardır. Uygulanacak yöntem transistörün ısınması, gerilim ve güç kazancı gibi çalışma şartları dikkate alınarak karar verilir. Transistörlerde belli başlı polarma metotları üçe ayrılır:

- **Sabit polarma:** Beyz polarmasının tek bir dirençle sağlandığı polarma metodudur.
- **Kolektör-beyz polarması:** Kolektör beyze bir direnç aracılığıyla gerilim geri beslemesinin yapıldığı polarma metodudur.
- **Birleşik (tam kararlı-otomatik) polarma:** Beyz polarmasının gerilim bölücü iki direnç ile sağlandığı polarma metodudur.

1.1.1. Sabit Polarma



Şekil 1.1: Sabit polarma

Sabit polarma, beyz polarmasının tek bir direnç ile sağlandığı polarma metodudur. Yükselteçte kullanılan transistörün beyz ucunu beslemede kullanılan R_B direnci V_{CC} kaynağına seri olarak bağlandığından devre seri polarma olarak da anılır.

Beyz polarması, V_{CC} bataryası tarafından R_B direnci üzerinden sağlanmaktadır. Bu amaçla uygun değerde seçilmelidir. R_B direnci aynı zamanda transistörün kararlı çalışmasını temin eder.

Sabit polarmada beyz akımı, sabit kaldığı sürece normal çalışır. Ancak transistör ısınıp azınlık akım taşıyıcılarının artmasından dolayı kolektör akımı artar. $V_{RC} = I_C \cdot R_C$ formülüne göre I_C nin artması R_C direnci üzerinde düşen V_{RC} gerilimini artırır. Bu durumda V_{RB} gerilimi ve beyz akımı artar. $I_C = \beta \cdot I_B$ formülüne göre β ile çarpımı kadar I_C akımı artar. Transistör kararlı çalışma noktasından uzaklaşır. Bu nedenle çoğunlukla kullanılmaz ancak normal sıcaklıkta ve düşük kolektör akımında kullanılabilir.

- **Seri polarmanın avantajı**

Tek besleme kaynağından yararlandığı için ekonomiktir.

➤ **Seri polarmanın dezavantajı**

Transistör çalıştıkça ısınır. Ayrıca kapalı bir ortamda çalışıyorsa ve çevre sıcaklığı fazla ise dış sıcaklık etkisiyle ısınma daha da artar. Isınan transistörde elektron hareketi fazlaşıcağından I_C akımı artar. Böyle bir durumda I_B küçültülerek I_C akımını azaltıcı etki yapması istenir. Seri polarma ile böyle bir etki sağlanamamaktadır.

Şekil 1.1'de verilen devrede görüldüğü gibi beyz ucuna bağlanmış olan direnç, transistörün girişine DC akım sağlar. R_B üzerinden beyze gelen akımın değerine göre C ucundan E ucuna belli bir akım geçişi olur. Beyze uygulanan akım aynı zamanda transistörün C ucundaki gerilimin (V_C) değişmesini de sağlar. B ucuna DC akım verilmediği zaman ise C-E arası direnç çok yüksek olur. Bundan dolayı devreye uygulanan V_{CC} geriliminin tamamı C-E arasında düşer. Örneğin $V_{CC} = 12$ V ise V_C gerilimi de 12 V olur. Beyz (B) ucuna verilen akım arttıkça C-E arası direnç azalacağından V_C gerilimi düşmeye başlar.

Polarma direncinden (R_B) geçen akım, $I_B = (V_{CC} - V_{BE}) / R_B$ denklemiyle bulunur (Silisyumdan yapılmış transistörlerde $V_{BE} = 0,6-0,7$ volt, germanyumdan yapılmış transistörlerde ise $V_{BE} = 0,2-0,3$ volt olarak kabul edilir.). Bazı hesaplamalarda V_{BE} değeri küçük olduğundan ihmal edilebilir. Bu durumda $I_B = V_{CC} / R_B$ şeklinde yazılabilir.

Devrede kolektörden geçen akım $I_C = \beta \cdot I_B$ ile bulunur.

C-E uçları arasında düşen gerilim ise $V_C = V_{CC} - I_C \cdot R_C$ ile hesaplanır.

Örnek:

$$V_{CC} = 12 \text{ V}, R_C = 6 \text{ K}\Omega, \beta = 200$$

$I_{C_{MAX}} = ?$ (Transistör doyum noktasında çalıştığında kolektörden geçen akım)

$I_{B0} = ?$ (Giriş sinyali uygulanmadan önceki beyz akımı) c) $R_B = ?$

Çözüm:

$$I_{C_{MAX}} = V_{CC} / R_C = 12 / 6000 = 0,002 \text{ A} = 2 \text{ mA} \quad I_{C0} = I_{C_{MAX}} / 2 = 1 \text{ mA}$$

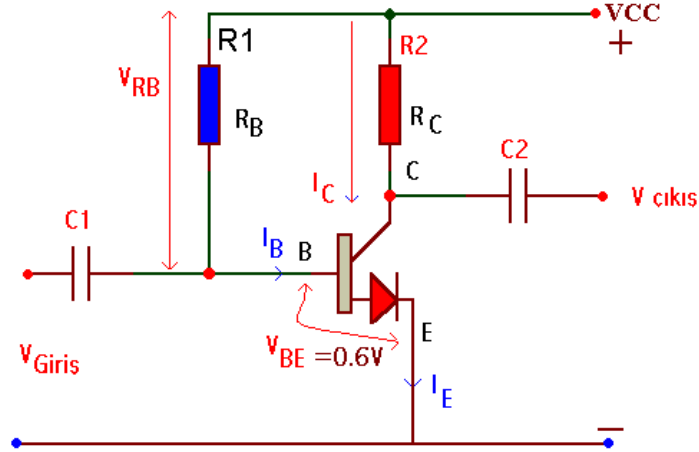
Hatırlatma: Yükselteç hesaplarında giriş sinyali yokken transistörün kolektöründeki gerilimin $V_{CC}/2$ değerinde olması gereklidir.

$$I_{B0} = I_{C0} / \beta = 1 / 200 = 0,005 \text{ mA}$$

Transistörün beyz-emiter arası direnç değeri (R_{BE}) yok sayılırsa

$$R_B = V_{CC} / I_{B0} = 12 / 0,005 = 2400.000 \Omega = 2400 \text{ K}\Omega = 2,4 \text{ M}\Omega \text{ olur.}$$

➤ **Sabit polarlama devresine (V_{BE}) ilave edilmesi**



Şekil 1.2: Basit polarlama devresi çözümüne V_{BE} nin ilave edilmesi

Şekil 1.2’de görüldüğü gibi Q_1 transistörün B-E eklemesinin direncini ihmal etmeyip V_{BE} gerilim düşümünü 0,6 V olarak kabul edersek

$$R_B = (V_{CC} - V_{BE}) / I_{BO} = (12 - 0,6) / 0,005 = 2280.000 \Omega = 2280 \text{ K}\Omega \text{ olarak bulunur.}$$

➤ **Hesaplamaların yapılaş şeklinin açıklanması**

Transistörlü yükselteçlerin çalışabilmesi için girişe hiç sinyal uygulanmazken transistörün C ayağında $V_{CC}/2$ kadar bir gerilimin olması gereklidir. Bu gerilimin oluşabilmesi için ise transistörün B ucuna bağlanan R_B veya kolektöre bağlanan R_C direncinin değeri hesaplamalarla belirlenir. Hesaplamalar yanlış yapıлып uygun olmayan dirençler bağlanacak olursa çıkış sinyalleri hatalı (distorsiyonlu) olur.

Verilen örnekte besleme gerilimi 12 voltur. O hâlde transistörün V_C gerilimi 6 volt olmalıdır. Kolektör direnci $R_C = 6 \text{ K}\Omega$ olarak seçildiğine göre transistör tam iletken olduğu anda devreden V_{CC} nin geçirebileceği maksimum akım $I_{C_{MAX}} = V_{CC} / R_C$ denklemine göre 2 mA bulunur.

$$I_{C_{MAX}} = 12 / 6K = 2mA$$

Devrenin dengeli olabilmesi için V_C geriliminin 6 V olması gerektiğini belirtmiştik. Bu değerden yola çıkarak V_{RC} üzerinde düşen geriliminin de 6 V olacağı anlaşılır.

Giriş sinyali yokken V_C geriliminin 6 V olabilmesi için I_{CO} akımının $I_{CO} = I_{C_{MAX}} / 2$ denklemine göre 1 mA olması gerektiği ortaya çıkar.

$$I_{CO} = 2mA / 2 = 1mA$$

$\beta = I_C / I_B$ olduğuna göre buradan I_B nin denklemi yazılırsa

$$I_B = I_C / \beta = I_{CO} / \beta = 1 / 200 = 0,005 \text{ mA bulunur.}$$

Devrenin besleme geriliminin 12 volt, transistörün beyz akımının 0,005 mA olması gerektiğine göre beyz direnci $R_B = V_{cc}-V_{BE}/I_{BO}$ denklemini kullanarak 2280 K Ω olarak bulunur.

$$R_B = 12 - 0.6 / 0.005 \text{mA} = 2280000 \Omega$$

Örnek:

Şekil 1.2'de verilen basit polarmalı yükselteç devresinde

$$V_{cc} = 15 \text{ V}, V_{BE} = 0,7 \text{ V}, \beta = 80, R_C = 5 \text{ K}\Omega (5000 \Omega)$$

$R_B = 500 \text{ K}\Omega (500.000 \Omega)$ olduğuna göre

V_{RB} , b) I_B , c) I_C , d) V_{RC} , e) V_C değerlerini bulunuz.

Çözüm:

$$V_{CC} = V_{RB} + V_{BE} \text{ denkleminde } V_{RB} \text{ çekilirse } V_{RB} = V_{CC} - V_{BE} = 15 - 0,7 = 14,3 \text{ V}$$

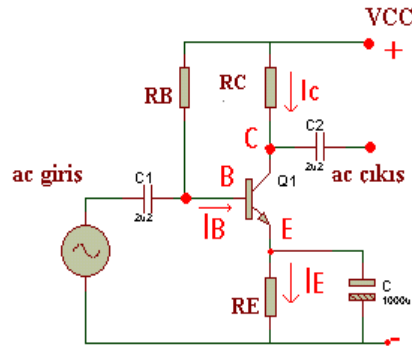
$$I_B = V_{RB} / R_B = 14,3 / 500000 = 28,6 \mu\text{A}$$

$$I_C = \beta \cdot I_B = 80 \cdot 28,6 = 2,288 \text{ mA}$$

$$V_{RC} = I_C \cdot R_C = 2,288 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \cdot 10^3 = 11,44 \text{ V}$$

$$V_{CC} = V_{RC} + V_C \text{ denkleminde } V_C \text{ çekilirse } V_C = V_{CC} - V_{RC} = 15 - 11,44 = 3,56 \text{ V bulunur.}$$

- **Transistörün emiter ayağına direnç kondansatör bağlı basit polarma (dengelenmiş polarma)**

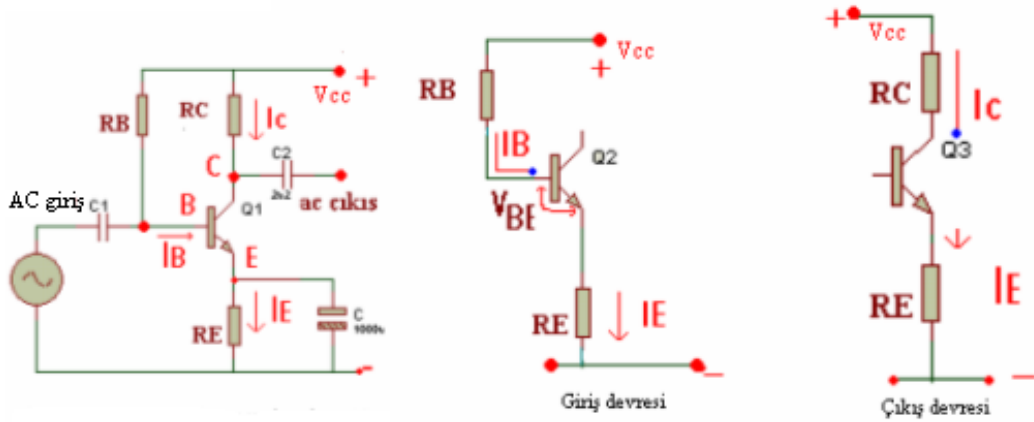


Şekil 1.3: Basit polarmalı transistörün emiter ayağına direnç ve kondansatör bağlama devresi

Şekil 1.3'te görüldüğü gibi kolektör akımının kararlılığını sağlamak için emiter ayağına seri bir direnç eklenir. Bu direnç R_E direnci üzerinden gelen DC akımların aşırı artmasına karşı geri besleme yapar yani beyz akımının fazla artmasını engeller. R_E direncine paralel bağlı C_E kondansatörü AC özellikli akımları R_E den değil kendi üzerinden geçirerek

yükselteç kazancını ve çalışma noktasını sabit tutmaya yarar. C_E ye dekaplaj (bypass) kondansatörü adı verilir.

Devre çalışırken kolektör akımı artacak olursa emitere bağlı olan R_E nin üzerinde düşen gerilim de artar. Oluşan gerilim "otomatik" olarak beyzden gelen akımı azaltır. Buna "negatif geri besleme" denir.



Şekil 1.4: Basit polarmalı transistör devresi çözümünün basitleştirilmesi

Emiter ayağına R_E direnci eklenerek yapılan polarma yönteminde giriş devresinin denklemleri Kirchoff (Kırşof) gerilim yasasından yararlanılarak

$$V_{CC} = V_{RB} + V_{BE} + V_{RE}$$

$$V_{CC} = I_B \cdot R_B + V_{BE} + (I_C + I_B) \cdot R_E \text{ şeklinde yazılabilir. } I_E = I_C + I_B \text{ olduğundan}$$

$$V_{CC} = I_B \cdot R_B + V_{BE} + (I_E \cdot R_E) \text{ olur.}$$

$$I_E = (\beta \cdot I_B) + I_B$$

$$I_C = \beta \cdot I_B \text{ olduğundan}$$

$$I_E = (\beta \cdot I_B) + I_B \text{ olur.}$$

$$I_E = I_C \text{ kabul edersek } I_E = (\beta + 1) \cdot I_B \text{ olur.}$$

$$V_{CC} = I_B \cdot R_B + V_{BE} + (I_E \cdot R_E)$$

$$V_{CC} = I_B \cdot R_B + V_{BE} + (\beta \cdot I_B + I_B) \cdot R_E \text{ şeklinde de ifade edilebilir.}$$

$$V_{CC} = I_B \cdot R_B + V_{BE} + [(\beta + 1) \cdot I_B] \cdot R_E$$

Buradan beyz akımının denklemleri çıkarılacak olursa

$$I_B = (V_{CC} - V_{BE}) / [R_B + (\beta + 1) \cdot R_E]$$

bulunur.

$$I_B = \frac{(V_{CC} - V_{BE})}{[R_B + (\beta + 1) \cdot R_E]}$$

V_{BE} ihmal edilirse

$$I_B = V_{CC} / [R_B + (\beta + 1) \cdot R_E] \text{ yazılabilir.}$$

Yükseltecin çıkış devresi için Kirchoff'un gerilim yasası uygulanırsa

$$V_{CE} = V_{CC} - [I_C \cdot R_C + (I_B + I_C) \cdot R_E] \text{ yazılır. } I_B \text{ akımı küçük olduğundan ihmal edilebilir. Bu}$$

durumda denklem, $V_{CE} = V_{CC} - (I_C \cdot R_C + I_C \cdot R_E)$ olur.

Kolektör ile şase arasındaki gerilim ise

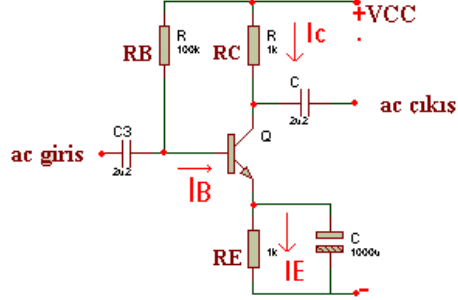
$$V_C = V_{CC} - I_C \cdot R_C \text{ ya da } V_C = V_{CE} + V_E \text{ ile hesaplanır.}$$

$$V_{RE} \text{ gerilimi, } V_{RE} = I_E \cdot R_E = (I_B + I_C) \cdot R_E \text{ ile bulunur.}$$

Beyz ile şase arasındaki V_B gerilimi, $V_B = V_{BE} + V_{RE}$ ile hesaplanır.

Örnek:

Şekil 1.5'te DC polarmaya ait (V_{CE}) ve akımları (I_B, I_C) bulunuz.



Şekil 1.5: Basit polarmalı transistör devresi çözümü

Çözüm:

$$I_B = (V_{CC} - V_{BE}) / [R_B + (\beta + 1) \cdot R_E] = 12 - 0.7 / 100K + (50 + 1) \cdot 1K = 11.3V / 151K = I_B = 74,8\mu A$$

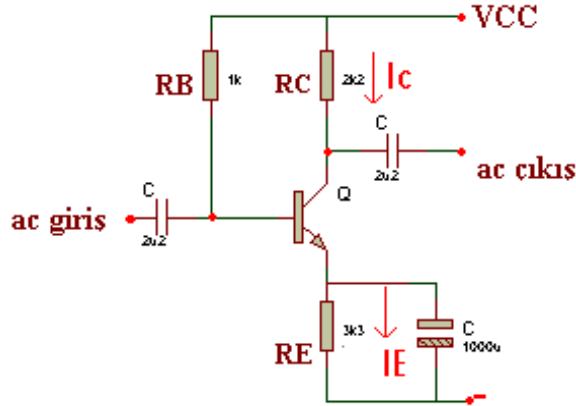
$$I_C = \beta \cdot I_B = 50 \cdot 74,8\mu A = 3,74mA \approx I_E$$

$$V_{CC} = V_{RC} + V_{CE} + V_{RE}$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C \cdot R_C - I_C \cdot R_E = 12 - (3,74mA \cdot 1K) - (3,74mA \cdot 1K) = 4,52 V$$

Örnek: Şekil 1.6'da DC polarmaya ait gerilim (V_{CE}) ve akımları (I_B, I_C) bulunuz.

$$R_B = 470K \quad R_C = 2,2K \quad R_E = 3,3K \quad \beta = 100$$



Şekil 1.6: Basit polarmalı transistör devresi çözümü

$$I_B = \frac{(V_{CC} - V_{BE})}{[R_B + (\beta + 1) \cdot R_E]}$$

Çözüm:

$$I_B = (V_{CC} - V_{BE}) / [R_B + (\beta + 1) \cdot R_E] = (15 - 0,7) / [470K + (100 + 1) \cdot 3,3k] = I_B = 17,8\mu A$$

$$I_C = \beta \cdot I_B = 100 \cdot 17,8\mu A = 1,78mA \approx I_E$$

$$V_{CC} = V_{RC} + V_{CE} + V_{RE}$$

$$V_{CE} = V_{CC} - [(I_C \cdot R_C) + (I_C \cdot R_E)] = 15 - [(1,78mA \cdot 2,2K) + (1,78mA \cdot 3,3K)] = 5,2V$$

➤ **Yükselteç devrelerinde beyze seri bağlanan kondansatörün (C_{GIRIS} > C_{IN}) görevleri**

I-Giriş sinyallerinin uygulandığı kısma seri bağlanan kondansatör, devrenin çalışmasını sağlayan besleme kaynağının (V_{CC})nin yükseltmek istenen sinyalleri veren kaynağın (mikrofon vb.) üzerinden akım geçirmesini engeller.

Hatırlatma: Kondansatörler, DC akımları üzerinden geçirmez. Sadece dolana kadar akım çeker. AC akım ise kondansatörden kolayca geçer. AC sinyalin uygulandığı bir kondansatör besleme gerilimine sadece "bir miktar" direnç gösterir. Bu direnç olarak tanımlanır. X_c 'nin değeri elemana uygulanan sinyalin frekansına bağlı olarak değişir.

Bir kondansatörün direncini hesaplamada kullanılan denklem:

$X_c = 1/2 \cdot \Pi \cdot f \cdot C$ [Ω] 'dur. Burada kondansatöre uygulanan akımı DC olarak kabul edersek DC'nin frekans değeri "0" olduğundan C'nin kapasitif reaktans (X_c) değeri sonsuz ohm çıkar. Öte yandan kondansatöre uygulanan sinyal salınımlı yani frekanslı olduğunda ise X_c değeri azalmaya başlar yani sinyalin frekans değeri yükseldikçe denklemde görüleceği üzere X_c değeri azalır.

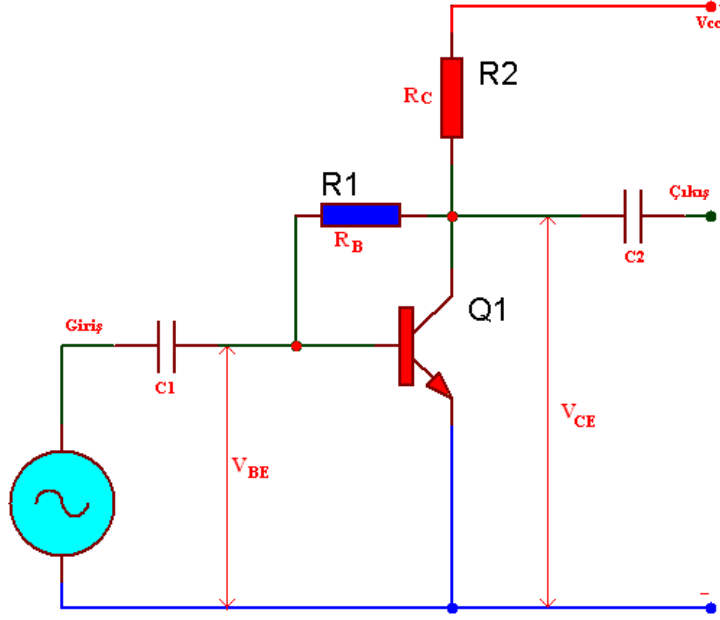
1.1.2. Kolektör –Beyz Polarması Otomatik (Geri Beslemeli) Polarma

Şekil 1.7'de verilen devrede bulunan R_B direnci "beyz polarma akımını" ve "DC negatif geri beslemeyi" sağlar.

Beyz polarması kolektör, beyz arasına bağlanan R_B direnci ile sağlanmaktadır. Aynı zamanda R_B direnci ile kolektörden beyze negatif geri besleme yapılmaktadır.

Böylece herhangi bir nedenle kolektör akımı değişmediği sürece transistörün çalışma noktası sabit kalır.

Yüksek değerli giriş sinyallerinde beyz akımı ve buna bağlı olarak kolektör akımı artar. Kolektör akımının artması R_C uçlarındaki gerilimi artırırken transistörün C-E uçları arasındaki gerilimin V_{CE} nin düşmesine neden olur. $V_{CE} = V_C$ dir. V_C gerilimi düşünce beyze giden DC polarma akımı otomatik olarak azalmış olur.



Şekil 1.7: Kolektör beyz polarlaması devre şeması

Giriş sinyali azaldığında E-C arası direnç büyür, I_C akımı azalır, V_{CE} gerilimi yükselir ve beyze giden DC polarma akımı da eski seviyesine doğru yükselir. Beyz akımının artması kolektör akımını otomatik olarak bir miktar artırır. V_{CE} gerilimi çalışma noktasına yakın bir yere yükselir. Böylece yükselen ve alçalan giriş sinyallerinde devre, kararlılığını otomatik olarak kendi kendine ayarlar.

Sonuç olarak her iki durumda da kararlı çalışma noktasının değişmesi büyük ölçüde engellendiğinden transistörün kararlı çalışması sağlanmış olur. Bu devre ile yüksek kazanç elde edilir. Bu polarma metodu, giriş sinyali zayıf olan amplifikatörlerde iyi sonuç verir.

1.1.2.1. Otomatik Polarlamada Hesaplamaların Yapılışı (Emiter Direnci Bağlı Değil)

Giriş devresinin denklemi $V_{CC} - (I_B + I_C) \cdot R_C + I_B \cdot R_B + V_{BE}$

I_C akımı I_B cinsinden yazılırsa $V_{CC} = (I_B + \beta \cdot I_B) \cdot R_C + I_B \cdot R_B + V_{BE}$ elde edilir.

Bu denklemden I_B akımı çekilirse aşağıda verilen denklem bulunur:

$$I_B = \frac{(V_{CC} - V_{BE})}{[R_B + (\beta + 1) \cdot R_C]}$$

Örnek: $\beta = 80$, $V_{BE} = 0,7 \text{ V}$, $I_{CO} = 4 \text{ mA}$, $V_{CC} = 12 \text{ V}$

a) $V_c = ?$ b) $R_c = ?$ c) $I_B = ?$ d) $R_B = ?$

e) U_{RC}

Çözüm:

$$a) V_c = V_{CC}/2 = 6V$$

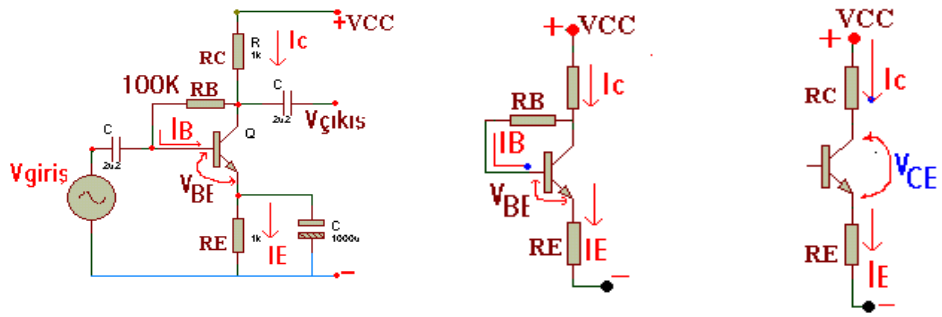
$$b) R_c = (V_{CC} - V_c) / I_{c0} = (12-6)/0,004 = 1500$$

$$I_B = I_{c0}/\beta = 4/80 = 0,05 \text{ mA}$$

$$R_B = (V_{CC} - V_{BE})/I_B = (12-0,7)/0,05 = 226 \text{ 000 } \Omega = 226 \text{ K}\Omega.$$

$$V_{RC} = I_{c0} \cdot R_c = \beta \cdot I_B \cdot R_c = (80 \cdot 0,00005) \cdot 1500 = 6 \text{ V}$$

1.1.2.2. Otomatik Polarmada Hesaplamaların Yapılışı (Emiter Direnci Bağlı İken)



Giriş devresi

Çıkış devresi

Şekil 1.8: Otomatik polarma devresinin basit çözüm şekli

$$V_{CC} = I_C \cdot R_C + I_B \cdot R_B + V_{BE} + I_E \cdot R_E \quad \text{ve} \quad I_E = I_C + I_B \approx I_C = (\beta + 1) \cdot I_B \quad \text{olduğundan}$$

$$V_{CC} = (\beta + 1) \cdot I_B \cdot R_C + I_B \cdot R_B + V_{BE} + (\beta + 1) \cdot I_B \cdot R_E \quad \text{ise}$$

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + (\beta + 1) \cdot (R_C + R_E)}$$

➤ Kolektör- emiter arası gerilim

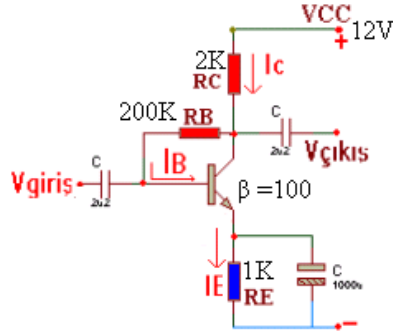
$$V_{CC} = V_{RC} + V_{CE} + V_{RE}$$

$$V_{CC} = I_C \cdot R_C + V_{CE} + I_E \cdot R_E \quad \text{ve} \quad I_E = I_C \quad \text{ise}$$

$$V_{CC} = I_E \cdot R_C + V_{CE} + I_E \cdot R_E \quad \text{ise} \quad V_{CE} = V_{CC} - I_E \cdot (R_C + R_E)$$

Örnek:

Şekil 1.9'da DC polarmaya ait gerilim (V_{CE}) ve akımları (I_B, I_C) bulunuz.



Şekil 1.9: Otomatik polarma devresinin basit çözüm şekli

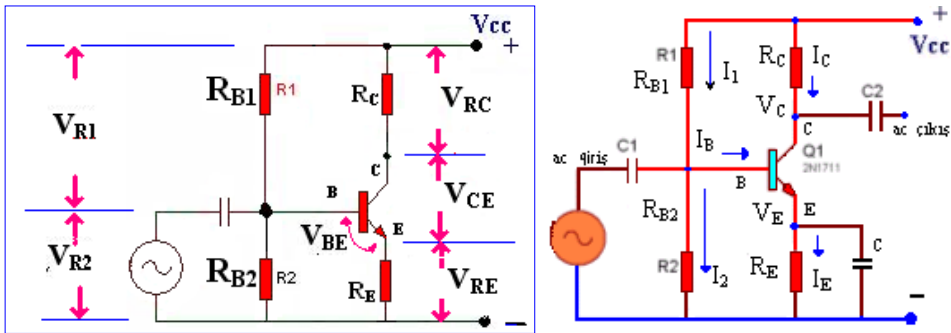
Çözüm:

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + (\beta + 1) \cdot (R_C + R_E)} = \frac{(12 - 0,7)V}{200K + (100 + 1) \cdot (2K + 1K)} = 22,5\mu A$$

$$I_E = (\beta + 1) \cdot I_B = (100 + 1) \cdot 22,5\mu A = 2,27 \text{ mA}$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_E \cdot (R_C + R_E) = 12 - 2,27 \text{ mA} \cdot (2K + 1K) = 5,2V$$

1.1.3. Birleşik (Tam Kararlı-Otomatik) Polarma



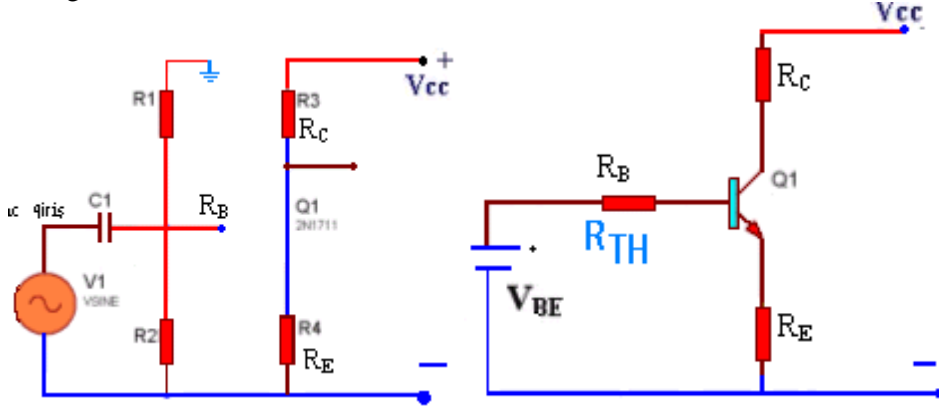
Şekil 1.10: Birleşik polarma devresi ve parametreleri

En çok kullanılan polarma biçimidir. Beyz polarması gerilim bölücü iki dirençle sağlanır. Devrede kullanılan R_{B1} e polarma direnci, R_{B2} ye ise stabilizasyon (kararlılık) direnci denir.

Emiterdeki R_E direncine paralel bağlı C_E kondansatörü dekuplaj (AC özellikli sinyalleri şaseye aktarıcı) görevi yapar.

Devrede kullanılan transistörün sıcaklığı arttığında I_c akımı $\beta \cdot I_B$ değeri kadar artar. I_c 'nin artması R_E 'de düşen gerilimi artırır. R_{B2} üzerinde düşen gerilim sabit olduğundan U_{RE} 'nin artması I_B akımının azalmasına neden olur yani R_E üzerinde oluşan U_{RE} gerilimi I_B akımının fazla artmasını engeller (Bu engellemeye "negatif geri besleme denir.).

Beyz akımının azalması durumunda ise I_c akımı da $\beta \cdot I_B$ kadar azalır. Böylece devre kararlı hâle gelir.



Şekil 1.11: Birleşik polarma devresi ve çözümü

➤ İdeal polarmalı yükselteçlerde akım, gerilim, direnç hesaplama

Bu tip polarmalı yükselteçlerin hesaplanmasında Thevenin (Tevenin) tarafından bulunan denklemler kullanılır.

R_{B2} üzerinde oluşan gerilim Thevenin Teoremi'ne göre yazılacak olursa polarma dirençlerinden geçen akımın denklemi $I_{pol} = V_{cc} / (R_{B1} + R_{B2})$ yazılabilir.

R_{B2} de oluşan gerilimin değeri $V_{TH} = V_{RB2} = I_{pol} \cdot R_{B2} = (V_{cc} / (R_{B1} + R_{B2})) \cdot R_{B2}$ denklemi çıkar.

Güç kaynağı kısa devre gibi düşünülürse (devrenin artı ucu şaseye bağlanırsa) R_{B1} ve R_{B2} dirençleri paralel duruma geçer ($R_{B1} // R_{B2}$).

Bu yaklaşıma göre R_{TH} direnç değerinin denklemi yazılacak olursa

$$R_{TH} = R_{B1} \cdot R_{B2} / (R_{B1} + R_{B2}) \text{ bulunur. } R_{TH} \text{ değeri bulunduktan sonra}$$

$$I_B = (V_{TH} - V_{BE}) / [R_{TH} + (\beta + 1) \cdot R_E] \text{ elde edilir.}$$

I_B akımı bulunduktan sonra $I_c = \beta \cdot I_B$ denklemiyle I_c bulunur.

$$V_C \approx V_{cc} - I_c \cdot (R_C + R_E) \text{ ve } V_C = V_{cc} - I_c \cdot R_C \text{ yazılabilir.}$$

$$V_B = V_{BE} + V_{RE}$$

$I_{C\text{doym}} = I_{C\text{sat}} = V_{CC}/(R_C + R_E)$ denklemleri kullanılarak istenilenler bulunabilir.

$$V_B = \frac{R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}} \cdot V_{CC}$$

➤ **Transistör beyz gerilimi**

➤ **Emiter gerilimi**

$$V_E = I_E \cdot R_E \text{ veya } V_B = V_B - V_{BE}$$

➤ **Emiter akımı**

$$I_E = V_E / R_E$$

➤ **Kolektör akımı**

$$I_C = I_E$$

➤ **Kolektör direnci üzerindeki gerilim**

$$V_{RC} = I_C \cdot R_C$$

➤ **Kolektör gerilimi**

$$V_C = V_{CC} - V_{RC} = I_C \cdot R_C$$

➤ **Kolektör emiter arası gerilim**

$$V_{CE} = V_{CC} - V_{RC} + V_{RE}$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C \cdot R_C + I_E \cdot R_E$$

Şekildeki devrede kullanılan R_{B1} ve R_{B2} gerilim bölücü dirençler Thevenin eş değer direnç ve gerilimi ile çözümlenirse Şekil 1.11'de olduğu gibi dönüştürülebilir. Bu durumda birleşik polarmaya ait transistörlü yükselteç devresinin akım ve gerilimlerine ait eşitlikler aşağıdaki gibi olur.

➤ **Eş değer beyz direnci**

$$R_B = R_{TH} = \frac{R_{B1} \cdot R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}}$$

➤ **Beyz gerilimi**

$$V_B = \frac{R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}} \cdot V_{CC}$$

➤ **Bez akımı**

$$I_B = \frac{V_B - V_{BE}}{R_B + (\beta + 1)R_E}$$

➤ **Kolektör akımı**

$$I_C = \beta \cdot I_B$$

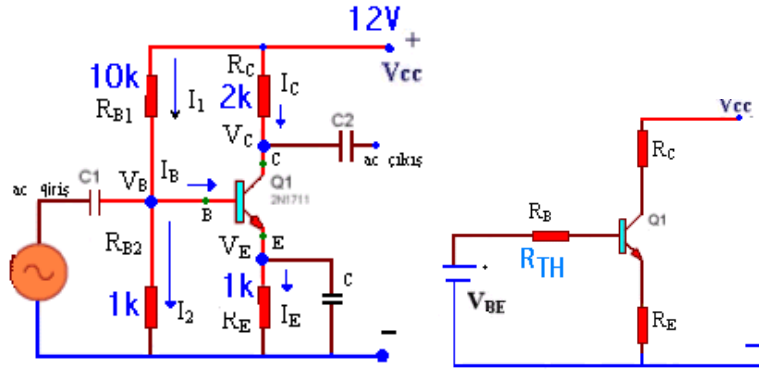
➤ **Kolektör- emiter arası gerilim**

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C (R_C + R_E)$$

Örnek:

Şekil 1.12’de görülen devrede transistörün β ’sı 100 olduğuna göre;

- Beiz polarma gerilimini (V_B),
- Emiter akımını (I_E),
- Kolektör gerilimini (V_C),
- Kolektör –emiter arası gerilimi (V_{CE}) bulunuz.



Şekil 1.12: Birleşik polarma şema ve eş değer devresi

Çözüm:

- **Transistörün beiz gerilimi**

$$V_B = \frac{R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}} \cdot V_{CC} \text{ den}$$

$$V_B = \frac{1K}{10K + 1K} \cdot 12V = 1V \text{ bulunur.}$$

$$V_E = V_B - V_{BE} = 1 - 0,7 = 0,3V$$

- **Emiter akımı**

$$I_E = \frac{V_E}{R_E} = \frac{0,3V}{1K} = 0,3mA \approx I_C$$

- **Kolektör gerilimi**

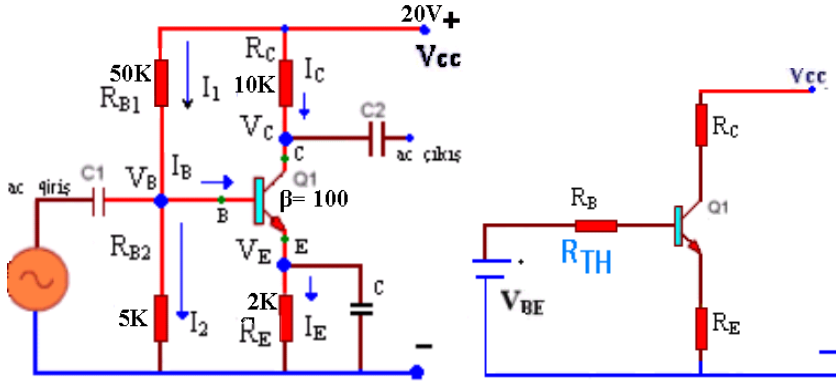
$$V_C = V_{CC} - I_C R_C = 12V - 0,3mA \cdot 2K = 12 - 0,6 = 11,4 V$$

- **Kolektör –emiter arası gerilim**

$$V_{CE} = V_C - V_E = 11,4 - 0,3 = 11,4 V \text{ olur.}$$

Örnek:

Aşağıdaki devrede (Şekil 1.13) DC polarlamaya ait gerilimleri (V_{BE} , V_{CE}) ve akımları (I_B , I_C , I_E) bulunuz.



Şekil 1.13: Birleşik polarma şema ve eş değer devresi

$$R_B = R_{TH} = \frac{R_{B1} \cdot R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}}$$

$$V_B = V_{TH} = \frac{R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}} \cdot V_{CC} =$$

$$R_B = R_{TH} = \frac{50K \cdot 5K}{50K + 5K} = 4,55K$$

$$V_B = V_{TH} = \frac{5K}{50K + 5K} \cdot 20V = 1,8V$$

Beyz akımı,

$$I_B = \frac{V_B - V_{BE}}{R_B + (\beta + 1) \cdot R_E} = \frac{1,8V - 0,7V}{4,55K + (100 + 1) \cdot 2K} = \frac{1,1V}{206,5K} = 5,3\mu A$$

$$I_C = \beta \cdot I_B = 100 \cdot 5,3 \mu A = 530 \mu A = 0,53 mA \approx I_E$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C (R_C + R_E) = 20V - [0,53 mA \cdot (10K + 2K)] = 20 - 6,36 = 13,64V$$

Birleşik polarmalı devrelerde kolektör akımı, β akım kazancından bağımsızdır. Örneğin devrede $\beta = 100$ için $I_C = 0,53 mA$ ve $V_{CE} = 13,64 V$ bulunmuştur. Aynı devrede $\beta = 50$ olduğunda $I_C = 0,5 mA$ ve $V_{CE} = 14 V$ olarak bulunur. Hesaplamaları $\beta = 50$ ve $\beta = 200$ için yaparak I_C akımının birleşik polarmalı devrelerde **β ile** değişmediğini, bundan dolayı çıkış kararlı bir şekilde çalıştığından en çok tercih edilen polarma çeşidi olduğunu tespit ederiz.

1.1.4. Transistörlü Yükseltme İşleminin Gerçekleştirilmesi

1.1.4.1. Alfa ve Beta Akım Kazançlarının Bulunması

Transistörlerde çıkış akımının giriş akımına oranına **akım kazancı** denir. Çıkış akımı daima kolektör akımıdır. Giriş akımı, transistör bağlantı şekline göre emiter veya beyz akımı olabilir. Çıkış gerilimi ise sabittir. Transistörün bağlantı şekline göre akım kazancı farklı isimler alır.

➤ Alfa (α) akım kazancı

Ortak beyz bağlantılı yükselteç devrelerinde, kolektör-beyz gerilimi sabit kalmak şartı ile kolektör akımının emiter akımına oranına **alfa akım** kazancı denir.

$$\alpha = I_C / I_E$$

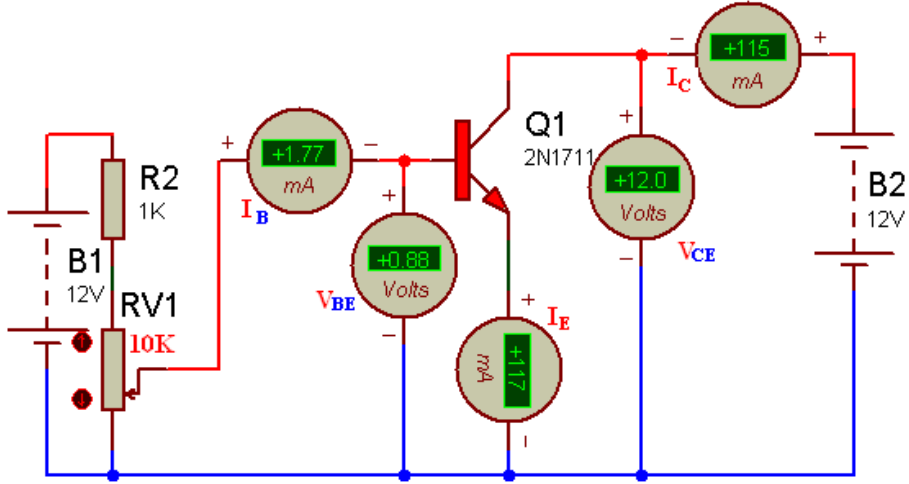
α akım kazancı hiçbir zaman 1'den büyük olamaz. Fakat mümkün olduğu kadar alfa akım kazancının 1'e yakın olması istenir. Bunun için kolektör akımı ile emiter akımı birbirine yakın değerlerde olmalıdır. Bu amaçla beyz kalınlığı çok ince (10- 20 mikron) tutulur.

Alfa akım kazancı yüzey temaslı transistörlerde 0,95 - 0,98 arasında değişir. Alfa akım kazancının 1'den küçük olması, devrenin yükseltme yapmayacağını düşündürebilir ama beyzi şase yükselteçlerde akım yükseltmesi değil gerilim yükseltmesi yapar. Alfa akım kazancı emiterdeki elektronların kolektöre geçen kısmını ifade eder.

Buna göre alfa akım kazancı, değişen kolektör akımının değişen emiter akımına oranıdır.

$$\alpha = I_C / I_E$$

Not: Şekil 1.14 yardımıyla bir transistörün dört bölge karakteristiğini çıkararak yük doğrusu çizme işlemini araştırarak öğreniniz.



Şekil 1.14: Alfa, beta akım kazancının bulunması deneyi

Örnek.

Bir transistörün ortak beyzli bağlantısında emiterden geçen akım 6 mA, beyzden geçen akım 0,6 mA ve kolektör akımı 5,4 mA'dır. Buna göre alfa akım kazancını bulunuz.

$$\alpha = I_C / I_E = 5,4 / 6 = 0,9$$

➤ **Transistörlerde B (beta) akım kazancı**

Emiteri şase yükselteçlerde, kolektör akımının (I_C) beyz akımına (I_B) oranına denir. β akım kazancı bazı yerlerde h_{FE} olarak ifade edilir. $\beta > 1$ 'dir.

$$I_E = I_B + I_C \text{ dir.}$$

Örnek:

Bir transistörün ortak emiterli bağlantısında emiter akımı 100 mA, beyz akımı 1 mA'dır. Beta akım kazancını bulunuz.

Çözüm:

$$I_E = I_B + I_C \text{ ise } I_C = I_E - I_B = 100 - 1 = 99 \text{ mA}$$

1.1.4.2. α ve β Akım Kazançlarının Dönüştürülmesi

Transistörler akım esasına göre çalışır. Akım kazancı, çıkış gerilimi sabit kalmak kaydıyla çıkış akım değerinin giriş akım değerine oranıdır. Yükselteç devrelerinde gerek

beyzi şase gerekse emiteri şase bağlantıda α ve β ile ifade edilen akım kazançları birbirlerine dönüştürülebilir.

➤ **α 'nın β cinsinden ifadesi:**

$\alpha = I_C / I_E$ dir. I_E yerine $I_E = I_B + I_C$ α formülünde yerine konulduğunda α akım kazancı β akım kazancı cinsinden bulunmuş olur.

$$\beta = \frac{I_C}{I_B} \quad \text{ve} \quad \alpha = \frac{I_C}{I_E} \quad \text{ise}$$

$\alpha = \frac{I_C}{I_E}$ formülünde $I_E = I_C + I_B$ dir ve bu eşitlik α formülünde yerine konulduğunda I_C / I_B yerine β yazarak α akım kazancı β akım kazancı cinsinden bulunmuş olur.

$$\alpha = \frac{I_C}{I_C + I_B} \Rightarrow \alpha = \frac{I_C / I_B}{I_C / I_B + I_B / I_B} = \alpha = \frac{\beta}{\beta + 1} \quad \alpha = \frac{\beta}{\beta + 1} \quad \text{olur.}$$

β 'nin α cinsinden ifadesi

Elde edilen α akım kazanç formülünden faydalanarak β akım kazancı elde edilebilir.

$$\alpha = \frac{\beta}{\beta + 1} \quad \text{ise} \quad \beta = \frac{I_C}{I_B} \quad \text{olduğundan formülde } I_B \text{ yerine } I_B = I_E - I_C \text{ yazarız.}$$

I_C / I_E yerine α yazarak β akım kazancını α cinsinden bulunmuş olur.

$$\beta = \frac{I_C}{I_B} = \frac{I_C}{I_E - I_C} = \frac{I_C / I_E}{I_E / I_E - I_C / I_E} = \frac{\alpha}{1 - \alpha} \quad \text{bulunur.} \quad \beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha} \quad \text{olur.}$$

α akım kazancının değeri 1'e yaklaştıkça β akım kazancının değeri sonsuza gider. Bu iki akım kazancı arasında aşağıdaki bağıntı vardır.

$$\beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha} \quad \text{buradan } \alpha = \beta(1 - \alpha) \quad \alpha = \beta - \beta\alpha \quad \beta = \beta\alpha + \alpha \quad \beta = \alpha(\beta + 1)$$

$$\alpha = \frac{\beta}{\beta + 1}$$

Örnek:

Alfa akım kazancı 0,99 olan bir transistörün β akım kazancını bulunuz.

$$\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha} = \frac{0,99}{1-0,99} = \frac{0,99}{0,01} = 99$$

$$\beta = 99$$

Örnek:

β akım kazancı 49 olan bir transistörün alfa akım kazancını bulunuz.

$$\alpha = \frac{\beta}{\beta + 1} = \frac{49}{49+1} = \frac{49}{50} = 0,98$$

$$\alpha = 0,98$$

Örnek:

Bir transistörün β akım kazancı 100 olduğuna göre α akım kazancını bulunuz.

$$\alpha = \frac{\beta}{\beta + 1} = 100 / 100+1 = 100/101 = 0,99$$

Örnek:

Bir transistörün α akım kazancı 0,98 olduğuna göre β akım kazancını bulunuz.

$$\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha} = 0,98 / 1-0,98 = 0,98 / 0,02 = 49 \quad \beta = 49$$

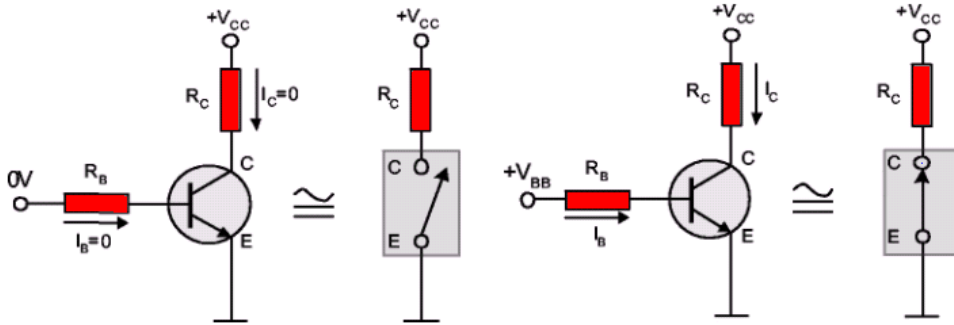
1.1.5. Transistörün Anahtarlama Elemanı Olarak Çalışması

Transistörlerin en popüler uygulama alanlarına örnek olarak yükselteç ve anahtarlama devrelerini verebiliriz. Transistörün elektronik anahtar olarak kullanılmasında kesim ve doyum bölgelerinde çalışmasından yararlanır. Bu bölümü bitirdiğinizde aşağıda belirtilen konular hakkında ayrıntılı bilgilere sahip olacaksınız.

- Transistörde kesim (cutoff) ve doyum (saturation) bölgeleri
- Transistörün kesim bölgesindeki özellikleri
- Transistörün doyum bölgesindeki özellikleri

İdeal bir anahtar, açık olduğunda direnci sonsuzdur. Üzerinden akım akmasına izin vermez. Kapalı konuma alındığında ise direnci sıfırdır ve üzerinde gerilim düşümü olmaz. Ayrıca anahtar bir durumdan diğer duruma zaman kaybı olmadan geçebilmelidir. Transistörle gerçekleştirilen elektronik anahtar, ideal bir anahtar değildir. Fakat transistör küçük bir güç kaybı ile anahtar olarak çalışabilir.

Transistörün bir anahtar olarak nasıl kullanıldığı Şekil 1.15'a'da verilmiştir. Şekil 1.15b'de görüldüğü gibi transistörün beyz-emiter jonksiyonu ters yönde polarmalanmıştır. Dolayısıyla transistör kesimdedir. Kolektör-emiter arası ideal olarak açık devredir. Transistör bu durumda açık bir anahtar olarak davranır.



a) Transistor kesimde -Anahtar AÇIK

b) Transistor doyumda -Anahtar KAPALI

Şekil 1.15: Transistörün anahtar olarak kullanılmasının prensip devresi a ve b şekilleri

Şekil 1.15b'de ise transistörün beyz-emiter jonksiyonu doğru yönde polarmalanmıştır. Bu devrede beyz akımı yeterli derecede büyük seçilirse transistör doyum bölgesinde çalışacaktır. Kolektör akımı maksimum olacak ve transistörün kolektör-emiter arası ideal olarak kısa devre olacaktır. Transistör bu durumda kapalı bir anahtar gibi davranır.

➤ Transistör kesimdeyken

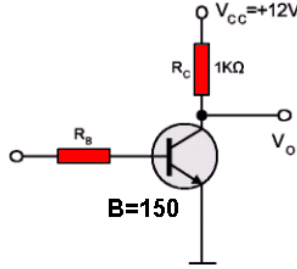
Beyz-emiter jonksiyonu iletim yönünde polarmalanmamıştır. Dolayısıyla transistörün kolektör-emiter gerilimi $V_{CE} = V_{CC} - I_c \cdot R_c$ değerine eşittir. Bu değer aynı zamanda transistörün çıkış gerilimidir. Transistör kesimdeyken $I_c = 0$ olduğunu biliyoruz. Çünkü transistörün kolektör-emiter arası açık devredir. Bu durumda $V_{CE} = V_{CC}$ olur. Bu gerilim, transistörün kolektör-emiter arasında görülebilecek maksimum değerdir ve yaklaşık olarak transistörün besleme gerilimi V_{CC} değerine eşittir.

➤ Transistör doyumdayken

Kolektör akımı maksimum değerine ulaşmaktadır. Kolektör-emiter gerilimi ise ideal olarak düşünülürse $V_{CC} = 0V$ olmaktadır. Bu durumda transistörün kolektör akımı maksimum değerine eşit olur. Bu değerden hareketle transistörü doyumda tutacak beyz akımının minimum değeri belirlenebilir.

Örnek:

Şekil 1.16'da devrede transistör anahtarlama amacı ile kullanılmaktadır. $V_B = 0V$ olduğunda V_0 değerini bulunuz. Transistörü doyumda tutacak minimum beyz akımını bulunuz. $V_B = 6V$ olduğunda transistörü doyumda tutacak R_B değerini bulunuz.



Şekil 1.16: Transistör anahtarlama

- $V_B = 0V$ olduğunda transistör kesimdedir. Kolektör akımı $I_C = 0$ Amper olur. Dolayısıyla transistörün V_0 gerilimi $V_0 = V_{CE} = V_{CC} = +12V$
- Transistör doyumda olduğunda $V_{CE} = 0V$ olacaktır. Buradan I_C akımını bulalım.
 $V_{CC} = I_C \cdot R_C + V_{CE} \quad 12V = I_C \cdot 1K + 0V$
 $I_C = V_{CC} / R_C = 12V / 1K = 12mA$ olur.

Buradan transistörü doyumda tutacak beyz akımının minimum değerini buluruz.

$$I_B = I_C / \beta = 12mA / 150 = 0,08mA = 80\mu A$$

Bulunan bu değer, transistörü doyumda tutmak için gereken beyz akımının minimum değeridir. Beyz akımını bu değerden fazla olması kolektör akımını artırmayacaktır.

Transistörü doyuma ulaştıracak beyz akımını belirleyen devre elemanı R_B direncidir, bu direncin olması gereken değerini bulalım. Transistör iletme girdiğinde beyz-emiter gerilimi $V_{BE} = 0,7V$ olacaktır. Dolayısıyla devreye bağlanacak R_B değerini bulabiliriz.

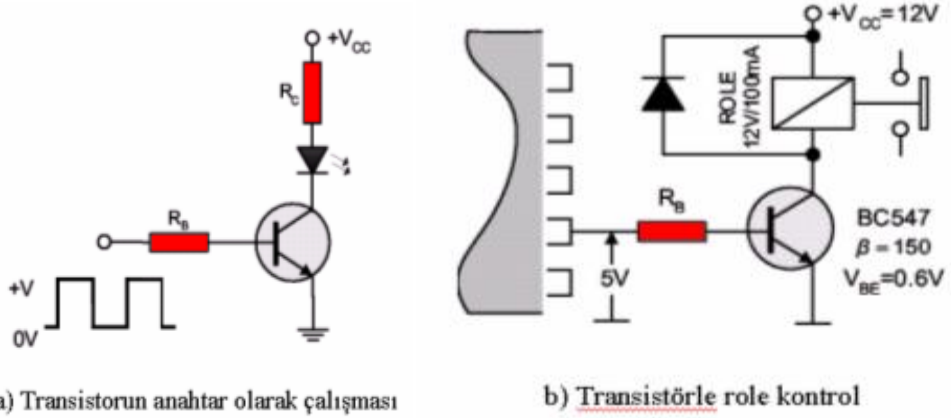
$$V_B = I_B \cdot R_B + V_{BE}$$
$$R_B = 6V - 0,7V / 80\mu A = 66,25K\Omega$$

Örnek:

Pek çok endüstriyel uygulamada veya sayısal tasarımda tüm devrelerin çıkışından alınan işaretlerin kuvvetlendirilmesi istenir. Örneğin Şekil 1.17a'da tüm devre çıkışından alınan bir kare dalga işaretin bir led'i yakıp söndürmesi için gerekli devre düzeneği

verilmiştir. Giriş işareti; 0V olduğunda transistör kesimdedir, led yanmayacaktır. Giriş işareti +V değerine ulaştığında ise transistör iletime geçerek led yanacaktır.

Şekil 1.17b'de ise bir tüm devre çıkışından alınan işaretin kuvvetlendirilerek bir röleyi, dolayısıyla röle kontaklarına bağlı bir yükü kontrol etmesi gösterilmiştir.



Şekil 1.17: Transistörün anahtar olarak kullanılması örnek şekilleri a ve b şekilleri

Örnek:

Şekil 1.17b'de görülen tüm devre çıkışı +5V olduğunda rölenin kontaklarını çekmesi istenmektedir. Tüm devre çıkışının izin verdiği akım miktarı 10 mA'dir. RB direncinin değeri ne olmalıdır? Hesaplayınız.

Rölenin kontakları çekebilmesi için gerekli minimum akım değeri 100 mA'dir. Dolayısıyla transistörün kolektöründen akacak I_C akım değeri 100 mA'dir. Buradan I_B akımının olması gereken değerini bulabiliriz.

$$I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{100}{150} = 0,66 \text{ mA}$$

Bulunan bu değer, transistörü doyumda tutmak için gereken beyz akımının minimum değeridir. Şimdi bu akımı akıtacak RB değerini bulalım. Devreden

$$R_B = \frac{V_{cc} - V_{BE}}{I_B} = \frac{5 - 0,6}{0,66 \text{ mA}} = 6.66 \text{ K}\Omega \text{ bulunur.}$$

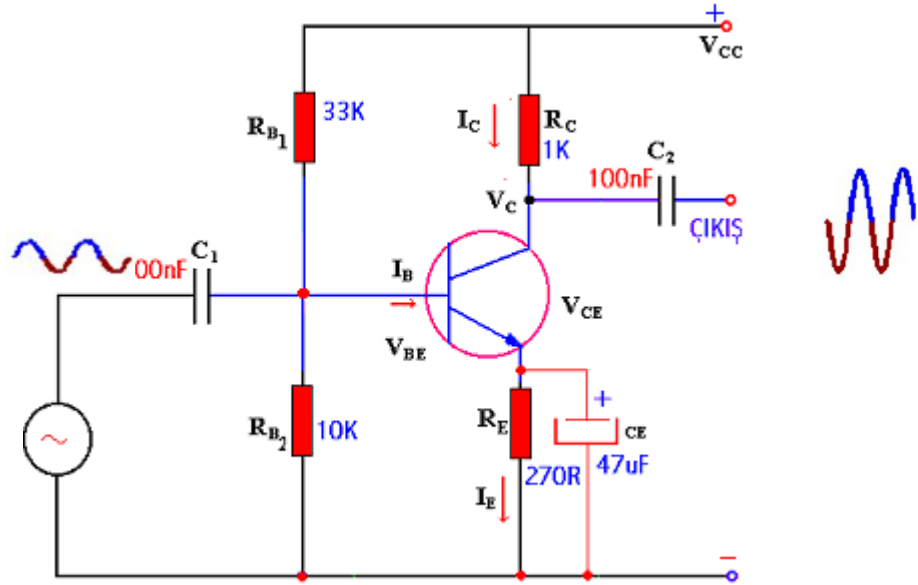
1.2. Temel Yükselteç Devreleri

Temel yükselteç devreleri aşağıda açıklanmıştır.

1.2.1. Emiter Ortak Yükselteç

- **Emiteri ortak bağlı (emiteri şase, CE tipi, common emitter) yükselteç**

Giriş sinyalinin transistörün beyzine uygulandığı, çıkış sinyalinin kolektörden alındığı, emiteri şaseye bağlı olan ve yükseltme işlemi yapan devrelere emiteri ortak yükselteç denir. Şekil 1.18’de devresi görülen emiteri şase devreler giriş sinyalinin genliğini yükselterek 180° derece faz terslenmiş olarak çıkışa verir.



Şekil 1.18: Emiteri ortak bağlı yükselteç devresi

Uygulamada kullanılan yükselteçlerin yaklaşık % 90'ı emiteri ortak bağlı tiptedir. Bu tip devre oluşturulurken dirençlerin değerleri öyle hesaplanır ki girişe sinyal gelmezken transistörün kolektör ayağının şaseye göre olan geriliminin (V_C), V_{CC} geriliminin yarısı değerinde ($V_C = V_{CC}/2$) olması sağlanır.

Girişe uygulanan AC özellikli sinyal, pozitif ve negatif yönlü olmak üzere iki parçadan oluşur. Şimdi bu sinyallerin nasıl yükseltildiğini inceleyelim.

Şekil 1.18 numaralı devrede görüldüğü gibi pozitif yönlü giriş sinyali beyz ucuna uygulandığında beyz tetikleme akımı artar. Buna bağlı olarak I_C akımı yükselir. I_C yükselirken V_C gerilimi sıfıra doğru azalır.

Giriş sinyali negatif olduğunda ise I_B akımı azalır. I_B nin azalması I_c yi de azaltır. I_c azalınca V_C gerilimi maksimum değere doğru yükselir.

Görüldüğü üzere emiteri şase yükselteçlerde giriş sinyalindeki değişme çıkışta ters yönlü ve genlik bakımından büyümüş olarak karşımıza çıkar. Çıkışa bağlanan hoparlörden geçen akım giriş sinyaline benzediğinden mikrofondan gelen zayıf ses sinyalleri güçlendirilmiş olur.

Emiteri şase yükselteçlerde çıkış sinyali girişin tersi olduğundan bunlara eviren (inverting) yükselteç de denir.

Devrede kullanılan elemanların görevleri şunlardır:

T: Yükseltme işlemi yapar.

C₁: Giriş sinyalini beyze iletir, beyz polarmasının giriş sinyali kaynağına geçmesini önler. Kuplaj kondansatörü de denir.

R_{B1}, R_{B2}: Polarma dirençleri

R_C: Kolektör yük direnci

R_E: Emiter direnci

C₂: Çıkış sinyalini yüke (veya bir sonraki transistörün girişine) iletir, yükteki DC bileşenlerin transistörün kolektör devresine geçmesini önler.

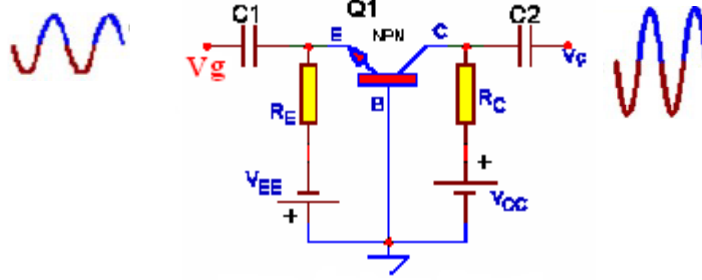
C₃: Bypass (yan geçit veya dekuplaj) kondansatörü. R_E direnci üzerinde oluşan AC sinyalleri şaseye verir.

Ortak emiterli devre diğer yükselteçlere göre en popüler olan, en yaygın olarak kullanılan devredir. Bu devre tipi genellikle sinyal yükseltme amaçlı olarak kullanılır.

➤ **Emiteri ortak bağlı yükselteçlerin bazı teknik özellikleri**

- Giriş empedansları orta değerdedir (500Ω - 10000Ω).
- Çıkış empedansları orta değerdedir ($50 K\Omega$ civarındadır.).
- Gerilim kazançları büyüktür.
- Akım kazançları I 'den büyüktür. β
- Güç kazançları çok yüksektir.
- Faz değiştirme (evirme, inverting) yapar yani giriş sinyali ile çıkış sinyali arasında 180 derecelik faz farkı vardır.
- Üst frekans sınırları düşüktür.

1.2.2. Beyzi Ortak Yükselteç



Şekil 1.19: Beyzi şase yükselteç devresi

Şase beyz olduğundan bu tür devrelere beyzi ortak yükselteç denir. Şekil 1.19 numaralı beyzi şase yükselteçlerde giriş sinyali emiterden verilir, çıkış sinyali emiterden alınır. Giriş sinyali ile çıkış sinyali arasında faz farkı yoktur.

Emitere uygulanan giriş sinyalinin pozitif alternanslarında beyz-emiter arası gerilim artar. Bu durumda beyz ve kolektör akımının artmasını sağlar. Giriş pozitifliğinin artması beyz-kolektör arasındaki gerilimin negatifliğini azaltır. Bu ise çıkış sinyalinin pozitif alternansta olmasını sağlar.

Emitere uygulanan giriş sinyalinin negatif alternanslarında beyz-emiter arası gerilim azalır. Bu durumda beyz ve kolektör akımının azalmasına neden olur. Giriş negatifliğinin artması beyz-kolektör arasındaki gerilimin negatifliğini artırır. Bu ise çıkış sinyalinin negatif alternansta olmasını sağlar. Böylece giriş ile çıkış sinyali arasında faz farkı oluşmaz.

Beyzi şase devreler, daha çok yüksek frekanslı (RF) devrelerde kullanılır.

Beyzi şase devrelerde transistörün beyz-emiter arasına doğru yönde, beyz-kolektör arasına ters yönde polarma uygulanır.

Beyzi ortak yükselteçlerde, transistörün beyz ucu hem girişte hem de çıkışta ortak olarak kullanılır. Bu tür yükselteçlerde giriş sinyali emiterden uygulanırken çıkış sinyali kolektörden alınır.

Beyzi ortak yükselteç devresinde emiter akımı:

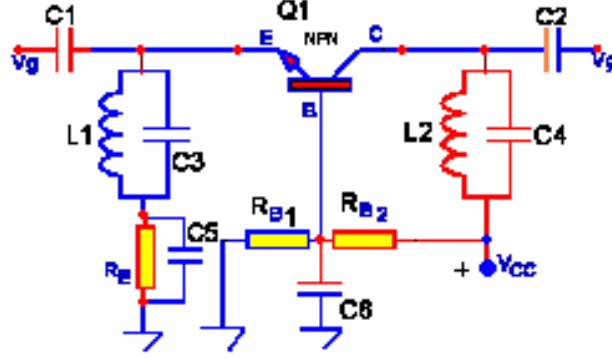
$$I_E = \frac{V_{EE} - V_{BE}}{R_E}$$

Bu tür devrelerde de kolektör akımı yaklaşık olarak emiter akımına eşittir.

$$I_C \approx I_E$$

Ortak beyzli montaj, düşük empedanslı sinyal kaynaklarının yükseltilmesinde tercih edilir. Bu tip montaj özellikle radyo frekans yükselteçlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Şekil 1.20'de ortak beyzli bir RF (radyo frekans) yükselteci görülmektedir.

Bu devrede antenden gelen RF sinyali yükseltilecektir. Antenin empedansı düşük olduğu için düşük giriş empedanslı yükselteçle uyum sağlamaktadır. Giriş sinyali emitere uygulanır, çıkış sinyali ise kolektörden alınır.



Şekil 1.20: Beyzi şase radyo frekans yükselteci

- **Beyzi ortak bağlı yükselteçlerin bazı teknik özellikleri**
 - Giriş empedansları çok küçüktür ($200\Omega - 500\Omega$).
 - Çıkış empedansları yüksektir ($50K\Omega - 1,5M\Omega$).
 - Gerilim kazançları yüksektir.
 - Güç kazancı orta değerdedir.
 - Akım kazancı 1 'den düşüktür. α
 - Giriş sinyali ile çıkış sinyali arasında faz farkı yoktur.

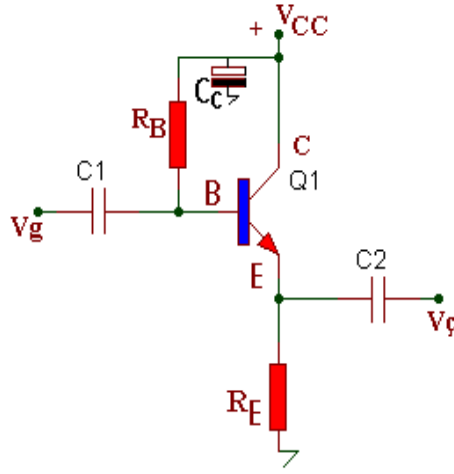
1.2.3. Kolektörü Ortak Yükselteç

- **Kolektörü ortak bağlı (CC tipi, common collector) yükselteçler**



TEKNİK ÖZELLİKLERİ

- * Akım kazancı yüksektir ($\beta+1$)
- * Gerilim kazancı düşüktür
- * Giriş empedansı yüksektir
- * Çıkış empedansı düşüktür



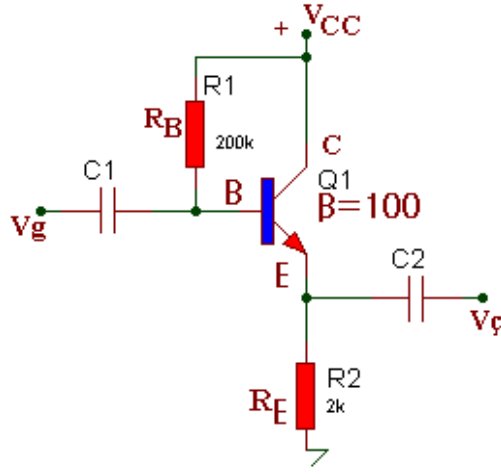
Şekil 1.21: Kolektörü ortak yükselteç

Devrede transistörün kolektör ucu C_C kondansatörü ile AC bakımdan şaseye bağlanmıştır. C_C 'ye dekuplaj ya da bypass (aşırma) kondansatörü adı verilir. Giriş sinyalinin pozitif alternansında I_B akımı artar. I_B akımının artması I_C ve I_E akımlarını yükseltir. R_E üzerinde oluşan gerilim pozitif yönde yükselir. Giriş sinyalinin negatif alternansında I_B akımı azalır. I_B akımının azalması I_C ve I_E akımlarını düşürür. R_E üzerinde oluşan gerilim negatif yönde düşer. Yükselteçte çıkış sinyali emiterden alındığından bu yükselteçlere "emiter izleyici" de denir.

➤ **Kolektörü ortak yükselteç devresinin özellikleri**

- Giriş empedansları büyüktür ($5K\Omega$ - $1,5 M\Omega$).
- Çıkış empedansları küçüktür (10Ω - 500Ω).
- Gerilim kazançları 1'den biraz küçüktür (0,9 dolayında).
- Faz değiştirme yapmaz.
- Akım kazancı büyüktür. ($\beta+1$)
- Yüksek empedanslı çıkışı olan bir devreyi düşük empedans girişi olan bir devreye bağlamak için (yani empedans uygunlaştırıcı olarak) kullanılır.

Örnek: Şekil 1.22 numaralı devrenin emiter gerilimini (V_E) devre akımlarını (I_B , I_C , I_E) bulunuz.



Şekil 1.22: Kolektörü ortak yükselteç devresi örnek problem şeması

Çözüm:

Beyz akımı:

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + (\beta + 1).R_E} \Rightarrow I_B = \frac{(12 - 0,7)}{200K\Omega + (100 + 1).2K\Omega} = 28\mu A$$

Kolektör akımı: $I_C = \beta.I_B = 100.28 \mu A = 2,8 \text{ mA}$

Emiter akımı: $I_E = (\beta + 1).I_B = (100 + 1).28 \mu A = 2,82 \text{ mA}$

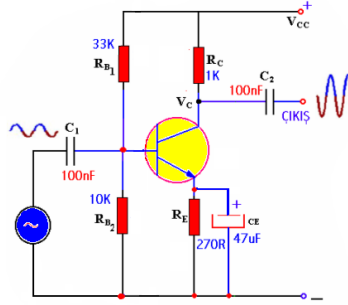
Emiter gerilimi: $V_E = I_E.R_E = 2,82 \text{ mA}.2K = 5,64 \text{ mA}$

1.3. Yükselteçlerde Çalışma Sınıfları

Transistörlerin beyzine uygulanan polarma akımının değerine göre C'den E'ye geçirdikleri akımın değeri değişmektedir. Polarma akımını ayarlama işlemi ise dirençlerle yapılabilmektedir.

Polarma akımından dolayı ortaya çıkan çalışma şekilleri ve çıkıştan alınan sinyallerin durumu anlatımlarda kolaylık olması bakımından A, AB, B, C biçiminde sınıflandırılmıştır.

1.3.1. A Sınıfı Çalışan Yükselteçler



Şekil 1.23: A sınıfı çalışan yükselteç devresi

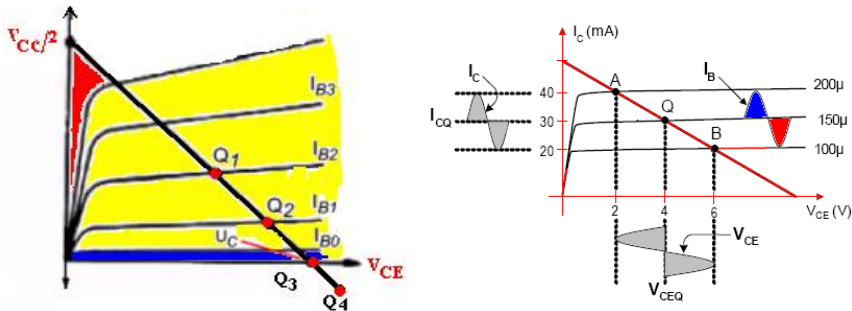
Girişine uygulanan sinyalin tamamını çıkışında yükseltilmiş olarak veren devrelere “A sınıfı gerilim yükselteci” denir. A sınıfı çalıştırılan yükselteçlerde yükseltmek istenen AC özellikli sinyal yokken dahi kolektörden emitere bir akım geçişi (I_{c0}) vardır.

Devrenin A tipi çalışabilmesi için giriş sinyali yokken dahi kolektörden belli bir akımın geçirilmesi zorunluluktur. Bu sayede transistörün kolektör ucundaki gerilimin $V_{cc}/2$ değerinde olması sağlanabilmektedir.

Yükseltecin A sınıfı olarak çalıştırılması esnasında sürekli bir I_c akımının geçmesi verimi düşürücü bir etkidir. Dolayısıyla A sınıfı çalışan yükselteçlerin verimi % 20-25 dolayındadır.

Şekil 1.23’te verilen şema, Şekil 1.24’te görüldüğü gibi Q_1 noktasında çalışır. Bu noktada çalışan yükselteçte çıkıştan alınan sinyal, girişe uygulanan sinyalin aynısı olur. O nedenle bu yükselteçlerin iletim açısı 360 derecedir.

A tipi çalışan yükselteçler kalitenin fazla önemli olmadığı ve gücün 1 -2 Watt olduğu ön yükselteçlerde (preanfi), sürücü katlarında vb. yerlerde kullanılır.



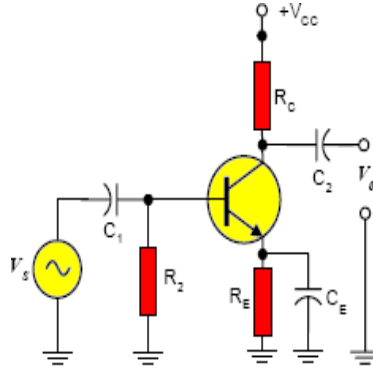
Şekil 1.24: Yükselteçlerin çalışma noktalarının yük eğrisi üzerinde gösterilişi

➤ Devrenin çalışması

Yukarıdaki devrenin A sınıfı çalışabilmesi için R_{B1} ve R_{B2} gerilim bölücü dirençler yardımıyla beyz akımı ve gerilimi ayarlanarak $V_{CE} - I_C$ karakteristiğinin ortasında olması sağlanır.

Devrede emiter direncine ait paralel C_E kondansatörü ise emiter direnci üzerindeki AC gerilimi şaseleyerek kazancın artmasını sağlar. C_1 kondansatörü üzerinden AC bir sinyal uygulandığında pozitif yönlü sinyal, NPN transistörün beyz polarmasını artırır. Beyz polarmasının artması emiter –kolektör arası direnç küçülerek V_C kolektör geriliminin azalmasına, bu da C_2 kondansatörü çıkışında negatif AC sinyal alınmasını sağlar. Uygulanan AC sinyalin negatif alternansında NPN transistörün beyz polarması azalır. Beyz polarmasının azalması emiter –kolektör arası direnç artarak V_C kolektör geriliminin artmasına, bu da C_2 kondansatörü çıkışında pozitif AC sinyal alınmasını sağlar. Giriş sinyali ile çıkış sinyali arasında 180° faz farkı vardır.

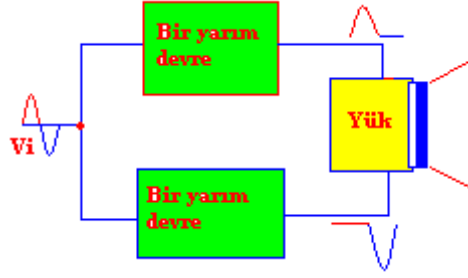
1.3.2. B Sınıfı Yükselteçler



Şekil 1.25: B sınıfı yükselteç

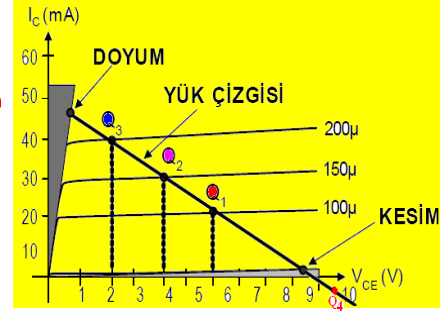
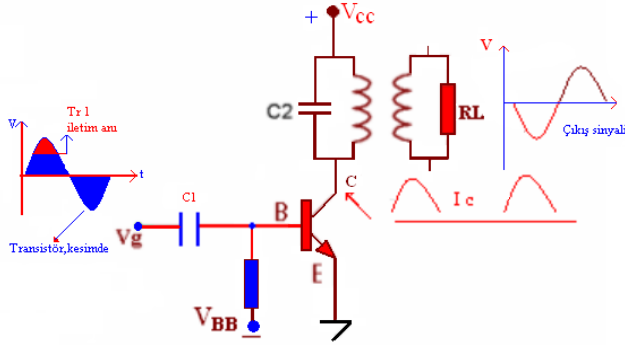
B sınıfı çalışmada beyz polarma akımı R_{B1} direnci sökülerek sıfır (0) yapılır. Bundan dolayı transistörün çalışma noktası Q_{3e} gelir (Şekil 1.24). Bu durumda girişe uygulanan sinyalin pozitif alternanslarında kolektörden akım geçer. Negatif giriş alternanslarında ise kolektörden hiç akım geçmez. Sonuçta çıkışta sadece negatif alternanslar oluşur.

Şekil 1.25'te verilen B tipi yükselteçlerin iletim açısı 180° 'dir. Başka bir deyişle kolektör akımı beyze sinyal uygulanmadığı sürece "0" amperdir. B tipi çalıştırılan devrelerin verimi % 40-60 dolayındadır. AB ve B sınıfı çalışan amfiler push-pull (it-çek) tip yükselteçlerde vb. kullanılır.



Şekil 1.26: Push-pull çalışmanın blok şekli

1.3.3. C Sınıfı Yükselteçler



Şekil 1.27a: C sınıfı yükselteç devresi

Şekil 1.27b: Yükselteçlerin çalışma noktaları

C sınıfı yükselteçler kesim noktasından ileride polarlamandırılır (Şekil 1.27b Q_4 bakınız.). Bu durumda çıkış akımı giriş sinyalinin sadece küçük bir bölümünde mevcut olur.

Bu devrede transistörün beyz ucuna V_{BB} aracılığıyla negatif gerilim uygulanmakta ve transistör kesim durumunda tutulmaktadır. Giriş sinyali bu negatif gerilimi aşacak seviyede yükselene kadar transistör iletimde olmayacaktır. Transistör ancak giriş sinyalinin pozitif alternansının küçük bir parçasında iletme geçer. Çıkıştaki I_C akımına bakarsak bir sinüs dalgası şeklinde olmadığını görürüz yani girişe tam bir sinüs dalgası uygulansa bile çıkışta ancak pozitif alternansın tepe bölümü elde edilecektir. Bu, girişteki sinyal şeklinin aşırı derecede bozulması demektir. Bu da aşırı distorsiyon anlamına gelir. Bu kadar yüksek distorsiyonlu bir devre ses frekans yükselteçlerinde kullanılamaz. C sınıfı yükselteçler radyo vericilerinin radyo frekans katlarında (yani yüksek frekansların yükseltilmesinde) kullanılır.

I_C akımı giriş sinyalinin sadece pozitif alternansın küçük bir bölümünde aktığı için bu devrelerin verimi çok yüksektir. Negatif sinyal ile pozitif sinyalin de büyük bir kısmında transistör yalıtımda olacak şekilde polarlamandırıldığı için kolektör akımı sıfırdır.

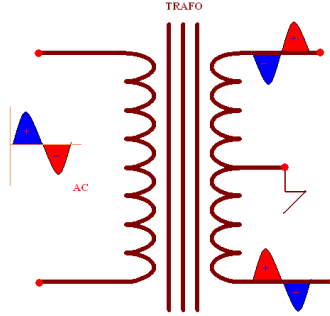
Şekilde de görüldüğü gibi transistörün kolektör devresinde LC elemanlarından oluşan bir rezonans (tank) devresi yer almaktadır. İşte bu rezonans devresi, bozuk kolektör sinyalinin bobin üzerinde oluşan indüksiyon akımları sayesinde tam saykıl olarak almaktadır.

1.3.4. Faz Tersleyiciler

Push–pull güç amplifikatörlerinin çıkışından dalga şekli bozulmamış (distorsiyonsuz) en yüksek gücü alabilmek için bağlanan transistörlerin girişlerine genlikleri eşit fakat birbirlerinden 180^0 faz farklı iki ayrı sinyal uygulanmalıdır. Bu amaçla yapılan devrelere faz tersleyici (faz değiştirici) denir. Faz tersleyiciler başlıca dört tipte yapılır.

➤ Transistörlü faz tersleyiciler

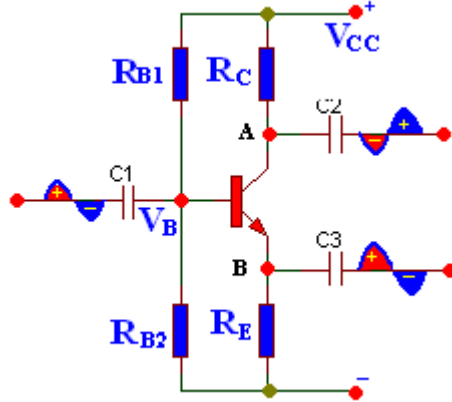
Faz terslemek amacıyla sıklıkla transformatörler kullanılır. Bu tip transformatörlere ara transformatörleri de denir. Sekonderi orta uçlu olan bir transformatörün iki dış uç gerilimleri orta uca göre 180^0 derece faz farklıdır. Faz tersleyici olarak transformatör kullanılarak transistörlerin girişlerine eşit genlikli sinyallerin uygulanması sağlanır. Transformatörlü faz terslemenin dezavantajı ise transformatörün devre üzerinde çok yer kaplamasıdır.



Şekil 1.28: Transformatörlü faz tersleyici

Transformatörlü faz tersleyiciler plaket üzerinde çok yer kaplar. Ayrıca trafoların ses frekanslarına karşı gösterdiği karakteristik kötü olduğundan günümüzde kullanımdan kalkmıştır. Sadece eski tip devrelerde karşımıza çıkar.

➤ **Tek transistörlü faz tersleyiciler**



Şekil 1.29: Tek transistörlü faz tersleyici yükselteç devresi

Şekil 1.29'da verilen devrede transistörünün emiter ve kolektör uçlarından genlikleri eşit fakat 180° faz farklı iki sinyal alınır. Çıkış sinyallerinin genliklerinin eşit olması için R_C ve R_E dirençlerinin değerleri, emiter ve kolektör akımına uygun seçilmelidir.

Devrenin girişine pozitif sinyal uygulandığında transistörün iletkenliği artar ve kolektör gerilimi (A noktası) negatif yönde azalır. Aynı anda R_E direncinde oluşan gerilim ise pozitif yönde yükselir.

Devrenin girişine negatif sinyal uygulandığında transistör kesime gideceğinden A noktasında pozitif yönde yükselen, B noktasında negatif yönde azalan bir gerilim oluşur.

Bu tür faz tersleyicinin, transformatörlü faz tersleyiciye göre avantajı; fazla yer kaplamaması ve ekonomik oluşudur.

Transformatörlü faz tersleyiciler plaket üzerinde çok yer kaplar. Ayrıca trafoların ses frekanslarına karşı gösterdiği karakteristik kötü olduğundan günümüzde kullanım alanından kalkmıştır. Sadece eski tip devrelerde karşımıza çıkar.

1.3.5. Güç Yükselteç Tipleri

Girişlerine uygulanan sinyalleri "akım" bakımından yükselten devrelerdir. Bu devreler amfilerin çıkış katı olarak görev yapar. Yükselteçlerin güç katları gözle bakıldığında hemen belli olur çünkü çıkış katında kullanılan transistörler büyük gövdeli ve alüminyum soğutuculudur.

Güç yükselteçleri büyük gerilim ve akım kazancı sağlayan, ses yükselteci, verici yükselteci veya motor kontrol yükselteci gibi yüksek gerilim ve akımda çalışan devrelerdir. Devrelerde kullanılan transistörler yüksek gerilim ve akım taşıyabilen güç transistörleri

olarak seçilir. Devrenin çalışması esnasında üzerinden geçecek akımdan dolayı transistörlerde ısınma meydana gelir ve bu nedenle transistörlere soğutucu bağlanır.

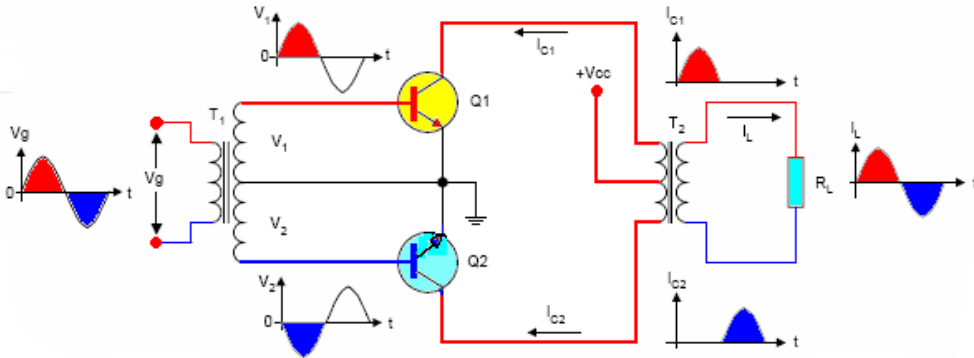
➤ Push-pull (it – çek) güç yükselteçleri

Şekil 1.30’da B sınıfı çalışan push-pull bağlantılı güç yükselteci devresinin şeması verilmiştir.

Devrede Q_1 transistörü giriş işaretinin pozitif alternansını, Q_2 transistörü ise negatif alternanslarını yükselterek çıkışa aktarır. Çıkışta R_L yükü üzerinde giriş işareti yükseltilmiş olarak alınır.

B sınıfı yükseltecin özelliği olarak yükselteç girişine giriş işareti uygulanmadığı sürece her iki transistör de kesimdedir. Dolayısıyla besleme kaynağından güç sarfiyatı olmaz. Bu nedenle B sınıfı yükselteç devresinin verimi maksimumdur.

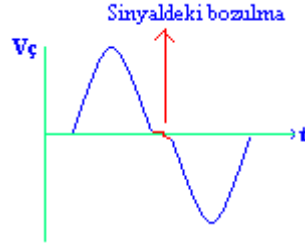
Yükselteç devresinde, giriş ve çıkış işaretlerinde empedans uygunluğu sağlamak amacıyla transformatör kullanılmıştır. Transformatör kullanmak uygun ve ekonomik bir çözüm değildir. Ayrıca yukarıdaki yükselteç devresi küçük genlikli giriş işaretleri için iyi sonuç vermez çünkü her bir transistörün iletme geçebilmesi için yaklaşık 0,7 volt beyz-emiter ön gerilimine ihtiyaç vardır.



Şekil 1.30: Push-pull güç yükselteci

Dolayısıyla giriş işaretinin her iki alternansının ilk 0,7 voltluk dilimlerinde bir distorsiyon söz konusudur, çıkış işaretindeki bu bozulmaya “geçiş distorsiyonu” veya kros over denir (Şekil 1.31).

Geçiş distorsiyonunu yok eden polarma şekli AB polarmalı devreler kullanılsa da transformatör kullanımını ortadan kaldıran ekonomik bir çözüm şekli simetrik yükselteç devresidir.

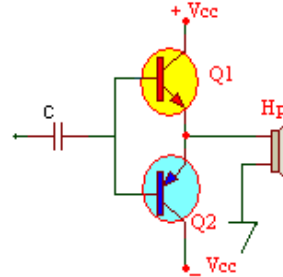


Şekil 1.31: Geçiş distorsiyonu

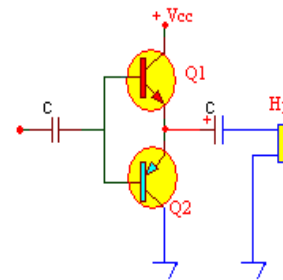
Çok yüksek güçlü çıkış gücü istenilen push-pull sistemli yükselteçler ise B sınıfı çalıştırılır. B sınıfı çalışan yükselteçlerin verimi ise yaklaşık % 78 olmaktadır.

➤ **Simetrik yükselteç**

Simetrik yükselteçler esas itibariyle push-pull bağlı transistörlerden oluşan B veya AB sınıfı yükselteçlerdir. Transformatör kullanılmadığı için simetrik yükselteçler olarak anılırlar. Bu tür yükselteçler genellikle simetrik çift kaynak ile beslenmesine rağmen tek kaynaklı simetrik yükselteçler de bulunur.



Şekil 1.32: Çift kaynaklı simetrik güç yükselteci



Şekil 1.33: Tek kaynaklı simetrik güç yükselteci

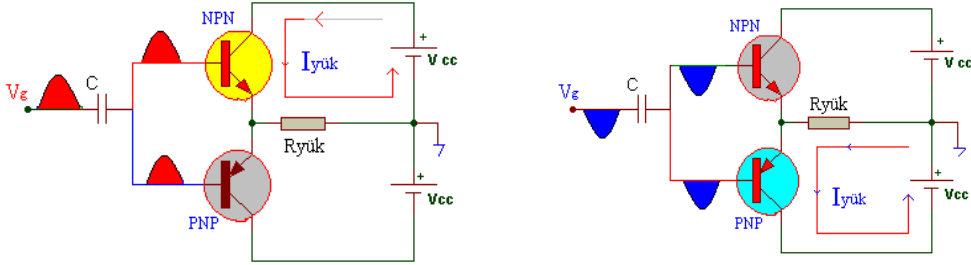
Simetrik yükselteçler, NPN ve PNP olmak üzere ters yapılı iki transistörden oluşur. Çıkış yükü de bu iki transistorün birbirine bağlı olan emiterlerine bağlıdır. Bu nedenle simetrik yükselteçler, emiter izleyici yükselteç özelliği taşır.

Devrenin girişine AC sinyal uygulandığında sinyalin pozitif alternansında NPN transistör iletime geçerken negatif alternansında ise PNP transistör iletime geçer.

Çıkış sinyali yine yük üzerinde (H_p) push-pull (itme-çekme) mantığı sonucuna göre sinüs sinyali oluşturur.

Şekil 1.34'te giriş sinyalinin pozitif alternansında NPN transistörü iletimdeyken PNP transistörü yalıttımdadır. Dolayısıyla kaynağın artı kutbundan başlayarak yük üzerinden devresini tamamlayan bir kolektör akımı dolaşır.

Şekil 1.35'te giriş sinyalinin negatif alternansında PNP transistörü iletimdeyken NPN transistörü yalıttımdadır. Akım yönü şekilde görüldüğü gibidir.

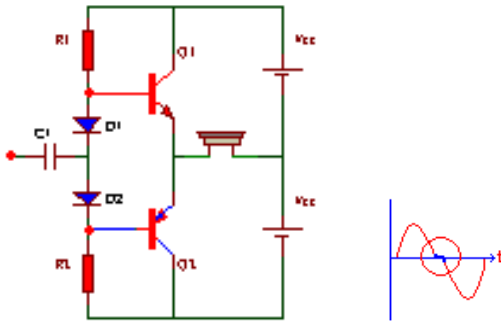


Şekil 1.34a: Çift kaynaklı simetri güç yükselteci **Şekil 1.34b: Çift kaynaklı simetri güç yükselteci**

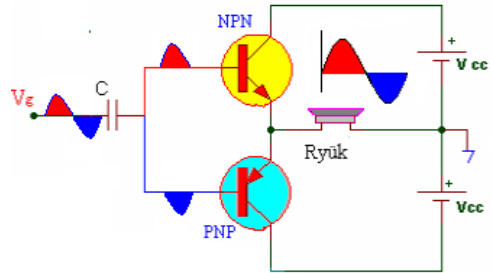
İtme (push): Girişe pozitif sinyal uygulandığında NPN transistör iletime geçer ve kaynaktan çıkan akım yük üzerinden şaseye doğru itilir.

Çekme (pull): Girişe negatif sinyal uygulandığında PNP transistör iletime geçer ve şaseden çıkan akım yük üzerinden kaynağın eksi kutbuna doğru çekilir.

Push- pull çıkışta geçiş distorsiyonu olmaması için çıkış transistörlerinin beyzine direnç bağlanarak AB sınıfı çalıştırılır.



Şekil 1.35: AB sınıfı simetrik yükselteç

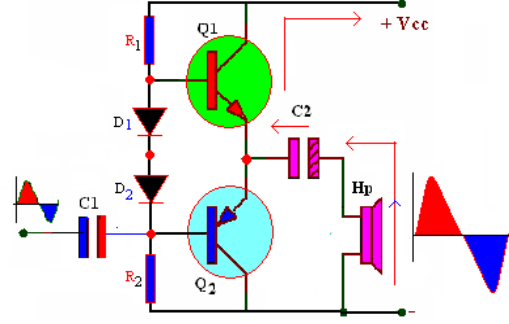


Şekil 1.36: B sınıfı simetrik yükselteç

Geçiş distorsiyonunu önlemek için kullanılır.

Şekil 1.37'de AB sınıfı simetrik güç yükselteç devresi görülmektedir. Devrenin çalışma prensibi Şekil 1.36'daki devre ile aynıdır. Devreye Q_1 ve Q_2 transistörlerine beyz polarması sağlayan gerilim bölücü dirençler eklenmesiyle negatiften pozitive veya pozitiften negatife geçişte oluşan bozulmalar giderilmiş olur.

Şekilde B sınıfı simetrik yükselteç devresinde geçiş bozukluklarını giderilmesi amacıyla R1 ve R2 dirençleri kullanılmıştır. Ayrıca ilave olarak D₁ ve D₂ diyotları da kullanılarak devrede oluşacak ısı etkisinden dolayı transistörlerin çalışma kararlılıklarının bozulması engellenmiş olur.

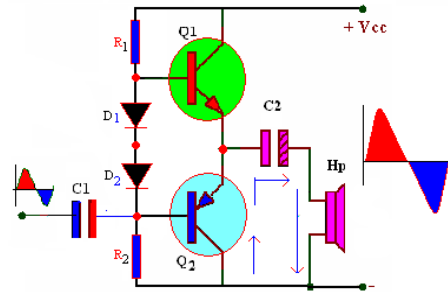


Şekil 1.37: AB sınıfı simetrik güç yükselteç çıkış katında pozitif sinyal uygulandığında

Şekil 1.37'de tamamlamalı simetri yükselteç devresi görülmektedir. Devrenin birbirinden ayrı iki batarya ile çalıştırılması (simetri besleme) devrelerden üstünlüğü, hoparlöre seri kondansatör ilave edip kondansatör üzerinde şarj olan enerjiden faydalanarak devrenin tek besleme kaynağı ile çalıştırılmasıdır. Düşük güçlü yükselteçlerde tercih edilen bu yöntemde çıkış kondansatörü en az 1000 μ F seçilirse iyi sonuç alınabilir.

Bu devrede girişe pozitif alternans geldiğinde Q₁ transistörü iletime geçer. Q₂ transistörü ise kesim durumundadır. Çıkış akımı Hp üzerinden C2 kondansatörü ve Q₁ transistöründen geçerek V_{CC} kaynağına ulaşır ve devresini tamamlamış olur.

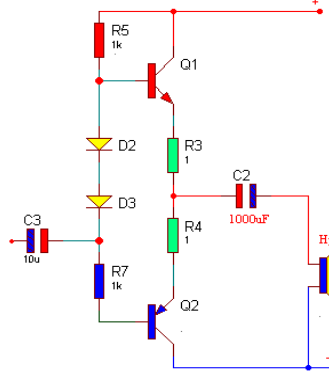
Dikkat edilirse Hp üzerinden geçen akım Hp'ün üst ucunda pozitif, alt ucunda negatif olan bir gerilim düşümüne neden olur yani giriş sinyaliyle çıkış sinyali aynı fazdadır. C2 kondansatörü genellikle yüksek kapasiteli (1000 μ F veya daha yüksek) olarak seçilir ve elektrolitik kondansatördür.



Şekil 1.38: Negatif giriş sinyalinde push-pull devrenin davranışı

Şekil 1.38'de simetri push- pull devresinin girişine negatif alternans geldiğinde Q₂ transistörü iletime geçer. Q₁ transistörü ise kesim durumundadır. Bu durumda bir önceki çalışmada şarj olmuş olan C2 kondansatörü gerilim kaynağı gibi davranır. C2'nin - ucundan çıkan çıkış akımı Hp üzerinde ve Q₂ transistöründen geçerek kondansatörün + ucuna ulaşır ve devresini tamamlamış olur. Hp üzerinde üst uç negatif gerilim olduğundan giriş sinyali

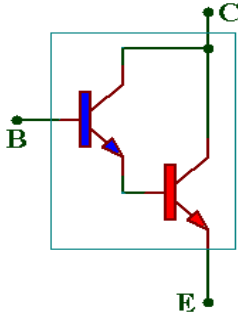
ile aynı fazdadır. Devre montajına geçmeden önce devrede kullanılan transistörler, simetri devrelerinden kullanılmak üzere transistör çiftleri üretilmektedir. Bu transistörlerin birisi NPN diğeri ise PNP tipi olmakta, bunun dışında diğer bütün değerleri eşit olmaktadır. Transistörler eşlenik olarak üretici firmalar tarafından üretilmektedir.



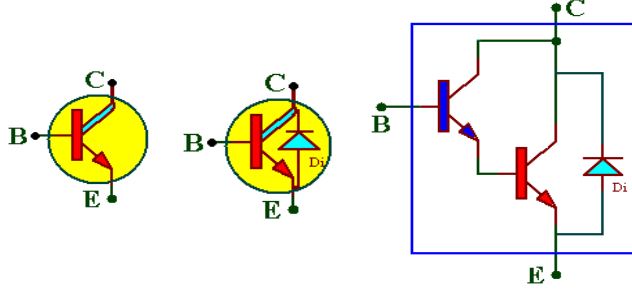
Şekil 1.39: Çıkışına emiter direnci bağlanarak kararlı çalıştırılan simetri yükselteç

Şekil 1.39’da çıkışına emiter direnci bağlanarak kararlı çalıştırılan simetri yükselteç devresi görülmektedir. Yükseltecin gücüne göre direnç değerleri 1 Ω veya daha küçük seçilir.

1.3.6. Darlington Bağlantı



Şekil 1.40a: Darlington bağlı transistör ve sembolü (NPN)



Şekil 1.40b: Diyotlu güç transistörü ve sembolü

İki transistörün kolektörlerinin ve birinci transistörün emiteri ile ikinci transistörün beyzinin birleştirilmesiyle elde edilen bağlantı şekline “darlington bağlantı” denir.

Darlington transistörler üretici firma tarafından tek bir kılıf içerisine yerleştirilmiştir. Normal transistörler gibi dışarıda beyz, emiter ve kolektör olmak üzere üç uç bulunur (Şekil 1.40).

Darlington transistörler yüksek akım kazançlı olduklarından genellikle yükselteçlerin çıkış katlarında kullanılır. Yükselteç devresi push- pull düzenlendiğinde çıkış emiterden

alınacağından emiter izleyici gibi çalışır ve bütün DC ön gerilim eşitlikleri tek transistörlü emiter izleyici gibi hesaplanır.

➤ **Darlington transistörlerin özellikleri**

- Giriş empedansları yüksektir.
- Çıkış empedansları düşüktür.
- Akım kazançları çok yüksektir.

İki transistör bir kılıf içerisinde olduğundan darlington transistörün akım kazancı $\beta = \beta_1 \cdot \beta_2$ şeklindedir yani transistörlerin akımları çarpılır. Bu durumda akım kazancının büyük oranda arttığı görülür. β akım kazancının yüksek oluşu sayesinde transistörlerin girişine uygulanan küçük bir sinyal akımı ile çok yüksek akımlar elde edilebilir.

Örnek:

$\beta_1 = 250$, $\beta_2 = 100$ olan iki transistör darlington bağlanmıştır. β_{toplam} nedir? Bulunuz.

Çözüm:

$$\beta_{\text{toplam}} = \beta_1 \cdot \beta_2 = 250 \cdot 100 = 25000$$

Toplam akım kazancı = $\beta_{\text{toplam}} = 25000$ olur.

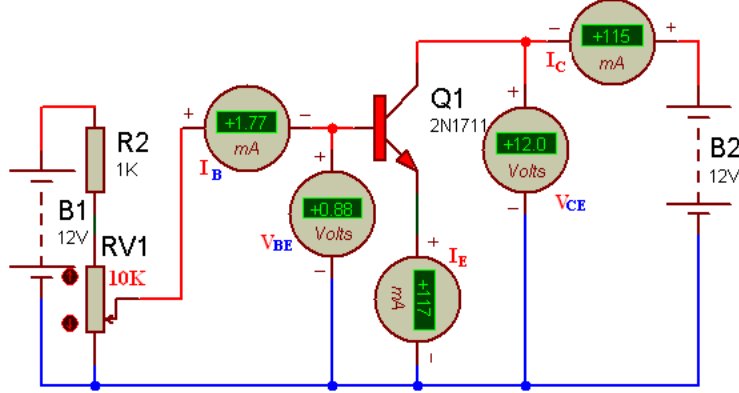
Bu değer çok yüksek bir değer olduğu için bu bağlantı tipi çok küçük sinyallerin yükseltilmesinde tercih edilir.

Yüksek akım kazancından dolayı darlington bağlantı güç kaynaklarının transistörlü regülatör devrelerinde de çok yaygın olarak kullanılır.

Yüksek güçlü amplifikatör çıkışlarında darlington bağlı transistör iki ayrı transistörü bağlanarak darlington bağlantı yapılacağı gibi aynı kılıf içerisinde darlington bağlantı yapılarak üretilmiş transistörler de vardır. Hatta transistörü bobinleri ve trafoları beslemede kullanılan güç transistörlerinin bazı modellerinde C-E arasına gövde içerisinden paralel olarak diyotlar bağlanmaktadır. Diyotlar, bobinlerin oluşturduğu ters yönlü yüksek endüksiyon gerilimlerini kendi üzerinden şase ederek transistörün zarar görmesini engeller.

UYGULAMA FAALİYETİ

Deneyden alınan verileri kullanarak, (α) alfa akım kazancını bulunuz.



İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none">➤ Yukarıda verilen ortak beyz bağlantılı yükselteç deney devresini kurunuz.➤ I_B, I_E, I_C akımlarını ölçerek not ediniz.➤ $\alpha = I_C / I_E$ formülünden α kazancını bulunuz.➤ Pot değerini değiştirerek kolektör ve emiter akımının göstereceği değerleri miliampermetrelerden okuyunuz. Her I_B değeri için I_E ve I_C değerlerini kaydederek α değerlerini hesaplayınız.➤ Pot değeri değiştikçe I_B akımının arttığını, buna paralel I_E ve I_C akımlarının büyüdüğünü görünüz.	<ul style="list-style-type: none">➤ Devreye gerilim uygulamadan önce ölçü aletlerinin kutuplarını kontrol ediniz.➤ V_{BB} güç kaynağını 12 voltta, V_{CC} güç kaynağını 12 volta ayarlayınız. Değerler yüksek çıkarsa atölye imkânlarınıza göre direnç değerlerini değiştirerek ölçü aletlerinden yüksek akımlar geçmesini önleyiniz.➤ Transistör üzerinden geçebilecek yüksek akımlara karşı emiter direnci bağlayınız.➤ Transistörün ısınmasına karşı ayrıca soğutucu bağlayınız.

<p>➤ $I_E = I_C + I_B$ oluyor mu?</p> <p>➤ Şekilde verilen değerleri formülde yerine koyarak β değerini hesaplayınız.</p>	<p>➤ Pot 10 K ve pot 5 K için kolektör ve emiter akımının göstereceği değerler miliampermetrelerden okunur. Pot 10K için kolektör akım değeri I_{C1}, emiter akım değeri ise I_{E1} olur değerlerini yazınız. Pot 5 K için I_{C2} ve I_{E2} değerlerini kaydederek formülde yerine yazınız ve α değerini hesaplayınız.</p> $\alpha = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_E} = \frac{\Delta I_{C2} - \Delta I_{C1}}{\Delta I_{E2} - \Delta I_{E1}}$
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

KONTROL LİSTESİ

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. Gerekli çalışma ortamını hazırladınız mı?		
2. Malzemeleri kontrol ederek devreyi kurdunuz mu?		
3. Miliampermetre ve voltmetrenin devreye bağlantısını incelediniz mi?		
4. α akım kazancını hesapladınız mı?		
5. Potansiyometre değerini değiştirerek farklı akım değerlerini ölçtünüz mü?		
6. $I_E = I_C + I_B$ olduğunu gözlemlediniz mi?		

UYGULAMA FAALİYETİ

Emiteri şase yükselteçlerde, deney verilerini kullanarak, (β) beta akım kazancını bulunuz.

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Uygulama Faaliyeti-1 için verilen deney şemasını kullanarak aynı devreyi kurunuz. ➤ Şekildeki ölçü aletlerinin ismine bakarak miliampermetre ve voltmetrenin devreye nasıl bağlandığını inceleyiniz. ➤ Devreye enerji veriniz. ➤ I_B, I_E, I_C akımlarını ölçerek not ediniz. ➤ $\beta = I_C / I_B$ formülünden β akım kazancını bulunuz. ➤ Pot değerini değiştirerek kolektör ve beyz akımının göstereceği değerleri miliampermetrelerden okuyunuz. Her I_B değeri için I_E ve I_C değerlerini kaydederek β değerlerini hesaplayınız. ➤ Pot değeri değiştikçe I_B akımı arttığını, buna paralel I_E ve I_C akımlarının büyüdüğünü görünüz. ➤ $I_E = I_C + I_B$ oluyor mu? ➤ Şekilde verilen değerleri formülde yerine koyarak β değerini hesaplayınız. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Devreye gerilim uygulamadan önce ölçü aletlerinin kutuplarını kontrol ediniz. ➤ V_{BB} güç kaynağını 12 volta, V_{CC} güç kaynağını 12 volta ayarlayınız. Değerler yüksek çıkarsa atölye imkânlarınıza göre direnç değerlerini değiştirerek ölçü aletlerinden yüksek akımlar geçmesini önleyiniz. ➤ Transistör üzerinden geçebilecek yüksek akımlara karşı emiter direnci bağlayınız. ➤ Transistörün ısınmasına karşı ayrıca soğutucu bağlayınız. ➤ Pot 10 K ve pot 5 K için kolektör ve emiter akımının göstereceği değerler miliampermetrelerden okunur. Pot 10 K için kolektör akım değeri I_{C1}, beyz akım değeri ise I_{B1} olur değerlerini yazınız. Pot 5 K için I_{C2} ve I_{B2} değerlerini kaydediniz. Elde ettiğiniz değerleri formülde yerine koyarak bulunuz. $\alpha = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} = \frac{\Delta I_{C2} - \Delta I_{C1}}{\Delta I_{B2} - \Delta I_{B1}}$

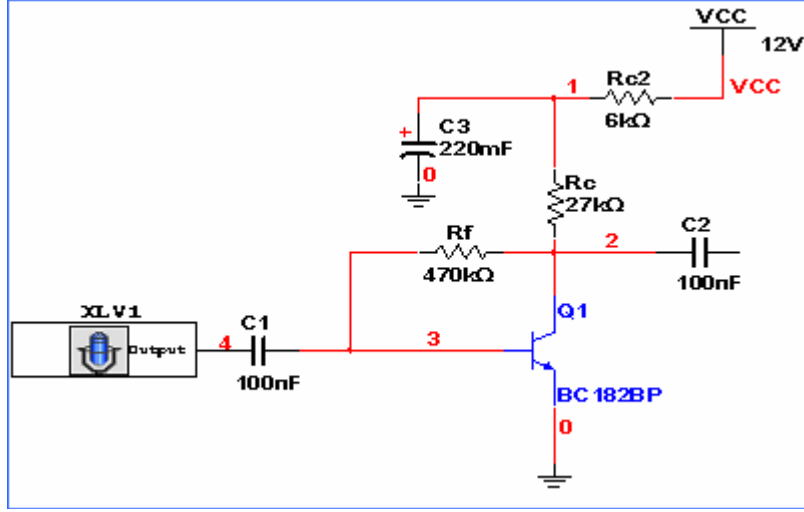
KONTROL LİSTESİ

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. Gerekli çalışma ortamını hazırladınız mı?		
2. Malzemeleri kontrol ederek devreyi kurdunuz mu?		
3. Miliampermetre ve voltmetrenin devreye bağlantısını incelediniz mi?		
4. β akım kazancını hesapladınız mı?		
5. Potansiyometre değerini değiştirerek farklı akım değerlerini ölçtünüz mü?		
6. $I_E = I_C + I_B$ olduğunu gözlemlediniz mi?		
7. Potansiyometrenin değeri değiştikçe akım değerlerinin değiştiğini gözlemlediniz mi?		

UYGULAMA FAALİYETİ

Transistörlü yükselteçler ile ilgili aşağıda verilen uygulamaları yapınız.



İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none">➤ Yukarıda verilen mikrofon yükselteç devresini kurunuz.➤ Osilaskop yardımıyla çıkış dalga şeklini giriş sinyaline göre inceleyiniz➤ Saç kurutma makinesi ile transistörün bulunduğu ortamı ısıtarak deneyi tekrarlayınız.	<ul style="list-style-type: none">➤ Kablolü ve kablosuz mikrofonların yapısını araştırınız. Elektronik tamircileri veya servislerinden yardım alınız.➤ Bağlantıda sorun yaşamamız hâlinde öğretmeninizden yardım alınız.➤ Devrenize enerji vermeden önce öğretmeninize kontrol ettiriniz.➤ Her durumda giriş-çıkış dalga şekillerini defterinize çiziniz.

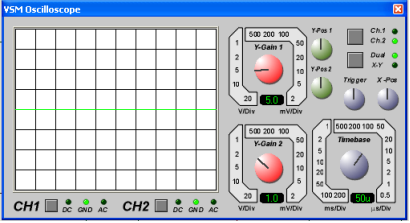
KONTROL LİSTESİ

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

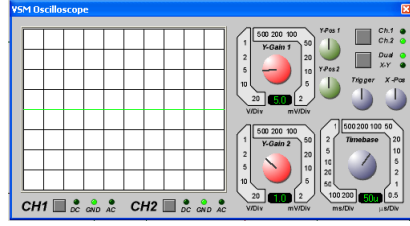
Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Transistör çeşitlerini araştırdınız mı?		
2. Mikrofon yükselteci yapısını araştırdınız mı?		
3. Sabit polarmalı mikrofon yükselteci devresini kurarak osilaskop yardımıyla çıkış dalga şeklini giriş sinyaline göre incelediniz mi?		
4. Transistörlerin anahtar olarak kullanılması esnasında transistörlerin bozulmaması için alınması gereken tedbirleri araştırdınız mı?		
5. Röleyi adi anahtar ve transistör ile kontrol ederek ikisi arasındaki üstünlükleri ve mahsurları tespit ettiniz mi?		

UYGULAMA FAALİYETİ

Temel yükselteç devrelerini deneysel olarak inceleyiniz.

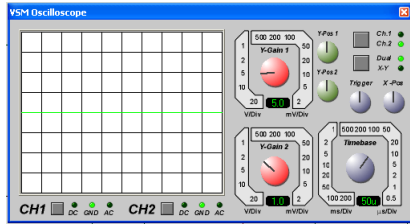
İşlem Basamakları	Öneriler																				
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Emiteri ortak yükselteç devresini öğretmeninizden yardım alarak kurunuz. ➤ Dijital voltmetre ile V_B, V_E, V_C değerlerini ölçünüz. Aldığımız değerlere göre V_{BE} ve V_{CE} gerilim değerlerini hesaplayınız. ➤ Girişe 1KHz, 1Vp-p ses frekans sinyali uygulayınız. ➤ Giriş ve çıkış uçlarındaki sinyalleri osilaskop ekranında inceleyerek yanda verilen ekran üzerine çiziniz. ➤ Beyzi topraklı yükselteç devresini kurunuz. Sinyal jeneratörünün çıkışını sıfır volta ayarlayınız. ➤ Dijital voltmetre ile V_B, V_E, V_C değerlerini ölçünüz. Aldığımız değerlere göre V_{BE} ve V_{CE} gerilim değerlerini hesaplayınız. ➤ AF sinyal jeneratöründen 1 KHz 35mV uygulayınız. ➤ Çift ışınlı osilaskobun CH-1 girişini transistörün emiterine, bağlayarak ekranda 5 saykıl görünecek şekilde ayarlayınız. ➤ CH-2 girişini transistörün kolektörüne bağlayınız. Çıkış sinyalinin tepelerinde kesilme varsa giriş gerilimini azaltınız. ➤ Giriş ve çıkış sinyallerini yanda verilen ekran üzerine çiziniz. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Bu işlemler sırasında en uygun emiteri topraklı yükselteç devresini araştırarak yapınız. Resimde emiteri ortak devre ekranı görülmektedir. <div style="text-align: center;"> <table border="1" style="margin: 0 auto;"> <thead> <tr> <th>V_B (V)</th> <th>V_E (V)</th> <th>V_C (V)</th> <th>V_{BE} (V)</th> <th>V_{CE} (V)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>  </div> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Beyzi topraklı devre deneyi sonuçlarını tabloya yazınız. Resimde beyzi ortak devre ekranı görülmektedir. <div style="text-align: center;"> <table border="1" style="margin: 0 auto;"> <thead> <tr> <th>V_B (V)</th> <th>V_E (V)</th> <th>V_C (V)</th> <th>V_{BE} (V)</th> <th>V_{CE} (V)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table> </div>	V_B (V)	V_E (V)	V_C (V)	V_{BE} (V)	V_{CE} (V)						V_B (V)	V_E (V)	V_C (V)	V_{BE} (V)	V_{CE} (V)					
V_B (V)	V_E (V)	V_C (V)	V_{BE} (V)	V_{CE} (V)																	
V_B (V)	V_E (V)	V_C (V)	V_{BE} (V)	V_{CE} (V)																	

- Kolektörü topraklı yükselteç devresini kurunuz. Sinyal jeneratörünün çıkışını sıfır volta ayarlayınız.
- Dijital voltmetre ile V_B , V_E , V_C değerlerini ölçünüz. Aldığımız değerlere göre V_{BE} ve V_{CE} gerilim değerlerini hesaplayınız.
- AF sinyal jeneratöründen 1 KHz 35mV uygulayınız.
- Çift ışınlu osilaskobun CH-1 girişini transistörün beyzine bağlayarak ekranda 5 saykıl görünecek şekilde ayarlayınız.
- CH-2 girişini transistörün emiterine bağlayınız. Çıkış sinyalinin tepelerinde kesilme varsa giriş gerilimini azaltınız.
- Giriş ve çıkış sinyallerini Şekil 1.43 üzerine çiziniz.



- Kolektörü şase yükselteç devresi sonuçlarını aşağıdaki tabloya yazınız. Resimde kolektörü ortak yükselteç ekranı görülmektedir.

V_B (V)	V_E (V)	V_C (V)	V_{BE} (V)	V_{CE} (V)



KONTROL LİSTESİ

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. Emiteri ortak yükselteç devresini kurdunuz mu?		
2. Giriş ve çıkış uçlarındaki sinyalleri osilaskop ekranında inceleyerek verilen ekran üzerine çizdiniz mi?		
3. Beyzi topraklı yükselteç devresini kurdunuz mu?		
4. İşlem basamaklarını sırasıyla uygulayarak işlemleri gerçekleştirdiniz mi?		
5. Kolektörü topraklı yükselteç devresini kurdunuz mu?		
6. İşlem basamaklarını sırasıyla uygulayarak işlemleri gerçekleştirdiniz mi?		

UYGULAMA FAALİYETİ

Yükselteçlerde çalışma sınıfları ile ilgili uygulamaları yapınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none">➤ 2,5 Wattlık transistörlü amplifikatör şeması bulunuz. Öğretmeninizden yardım alarak monte ediniz.➤ Çıkış transistörlerinin ısınmasını azaltmak ve transistörlerin dengeli çalışmasını sağlamak için emiter uçlarına 1Ω veya daha küçük direnç bağlayarak deneyiniz.	<ul style="list-style-type: none">➤ Montaja önce çıkıştan başlayınız. Çıkış transistörlerinin eşlenik olmasına dikkat ediniz. Mutlaka uygun bir soğutucu bağlamayı unutmayınız. Odyo sinyal vererek Hp ses duyunuz sonra sürücü katı monte ediniz, tekrar odyo jeneratörden sinyal uygulayarak sesin biraz daha yükseldiğini duyunuz. Artan ses duyuluyorsa preamplifikatör katını monte ediniz.➤ Montaj bittiğinde amplifikatör girişine elinizle dokununuz.➤ Amplifikatör çıkışında bas ses duyuluyorsa devreniz çalışıyor demektir.

KONTROL LİSTESİ

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. 2,5 W'lık amfi devresini kurallarına uygun olarak kurdunuz mu?		
2. Çıkış transistörlerinin ısınmasını azaltmak ve transistörlerin dengeli çalışmasını sağlamak için emiter uçlarına 1Ω veya daha küçük direnç bağlayarak denediniz mi?		
3. Sürücü katı ve preamplifikatör katı montajlarını sırasıyla yaptınız mı?		
4. Girişe elinizle dokunduğunuzda çıkıştan bas bir ses aldınız mı?		

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 cümlelerin başında boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise D, yanlış ise Y yazınız.

1. () Transistörlerin kararlı çalışması için sabit polarma yapılmalıdır.
2. () Kolektör akımı değişmediği sürece transistörün çalışma noktası sabit kalır.
3. () Birleşik tam kararlı yükselteç çıkışı devamlı distorsiyon oluşturur.
4. () Kuplaj kondansatörü sinyalleri dekuplaj (şase) eder.
5. () Transistörün akım kazancı $\beta = I_C / I_B$ dir.
6. () $I_C = I_E + I_B$ dir.
7. () Transistörlerde anahtarlama yapabilmesi için akım kazancı düşük olmalıdır.
8. () Emiter direnci transistörün ısınması için kullanılır.
9. () Dekuplaj kondansatörü AC sinyalleri şase etmekte kullanılır.
10. () Anahtar transistörler kesim durumunda akım geçirmez.
11. () Emiteri ortak yükselteç devresinde giriş sinyali ile çıkış sinyali arasında 180° derece faz farkı vardır.
12. () Emiteri ortak yükselteç devresinin kazancı 1'den küçüktür.
13. () Dekuplaj kondansatörü emiter direncine paralel bağlanmıştır.
14. () Kuplaj kondansatörü AC akımı iletir, DC akımı yalıtır.
15. () Beyzi şase olan yükseltece emiteri şase (ortak) yükselteç denir.
16. () Giriş sinyali emiterden, çıkış sinyali kolektörden alınan yükseltece kolektörü ortak yükselteç denir.
17. () Beyzi ortak yükselteçlerin kazancı 1'den küçüktür.
18. () Beyzi ortak yükselteçler RF yükselteç katlarında kullanılır.
19. () Ortak kolektörlü yükselteçlerin giriş empedansı büyük, çıkış empedansı küçüktür.
20. () Ortak beyzli yükselteç devrelerinin giriş direnci büyük, çıkış direnci ise küçüktür.

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

Uygun ortam sağlandığında osilatör devrelerini hatasız olarak yapabileceksiniz.

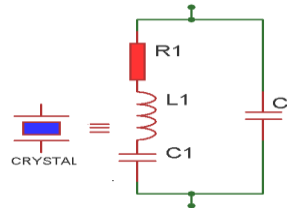
ARAŞTIRMA

- Kristal nedir? Özelliklerini ve kullanım yerlerini araştırınız.
- Osilatör çeşitlerini araştırınız aralarındaki üstünlükleri öğreniniz.
- FM ve GM verici şemaları bularak giriş ve çıkış katlarında osilatör kullanılıp kullanılmadığını araştırınız.
- Lambalı ve transistörlü verici şemaları bulunuz. Burada kullanılan transistörlerin özelliklerini katalogdan araştırınız.
- Kare dalga üreticileri ve kullanım yerlerini araştırınız.
- Tanıma işlemleri için internet ortamı, radyo ve TV vericileri, cep telefonu tamiri ile ilgili kişilerden trafik lambalarının süresinin ayarlanması hakkında bilgi almanız gerekir. Kazanmış olduğunuz bilgi ve deneyimleri bir rapor hâline getirip arkadaş grubunuz ile paylaşınız.

2. TRANSİSTÖRLÜ OSİLATÖRLER

Belirlenen frekans değerinde kendi kendine AC sinyal üreten pozitif geri beslemeli elektronik devrelere osilatör denir. Osilatör çıkışındaki sinyal sinüsoidal, üçgen ya da kare dalga olmaktadır. Bir osilatörün çıkış verebilmesi için giriş sinyaline ihtiyaç yoktur. Sadece DC besleme gerilimi yeterlidir. Osilatör yapımında kullanılan devre elemanlarına göre osilatörler değişik isimler alır. Bunlar; kristal kontrollü osilatör, RC osilatör, LC osilatör ve faz kaymalı osilatördür. LC osilatörler yaptıkları geri besleme şekline göre Colpitts, seri ve paralel Hartley, Armstrong, Tikler Clapp vb. isimler alır.

2.1. Kristal Osilatör Yapımı



Şekil 2.1: Kristal eş değer devresi ve sembolü

Osilatörlerde frekans kararlılığı çok önemlidir. Bir osilatörün sabit frekansta kalabilme özelliğine "frekans kararlılığı" denir. RC ve LC osilatörle de frekans kararlılığı iyi değildir. Verici devrelerinde, tahsis edilen frekans yayın yapabilmesi için frekans kararlılığı en iyi olan kristal kontrollü osilatörler kullanılır. RC veya LC osilatörlerde, L, C ve R değerlerindeki değişiklikler, transistörlü yükseltecin statik çalışma noktasındaki değişiklikler, sıcaklık ve nem gibi çevresel değişimlere bağlı olarak frekans kararlılığı değişir.

Kristal, piezoelektrik etkiyle çalışan bir elemandır. Piezoelektrik özellik sergileyen doğal kristal elemanlar; quartz (kuvars), Rochelle tuzu ve turmalin'dir. Genellikle kristal mikrofonlarda Rochelle tuzu kullanılırken osilatörlerde frekans kararlılığı nedeniyle quartz kullanılır. Quartz kristalinin bir yüzüne mekanik baskı uygulandığı zaman karşıt yüzler arasında bir gerilim oluşur. Kristallerde etki iki türdür. Mekanik titreşimlerin elektrikli salınımlar, elektrikli salınımların mekanik titreşimlere üretmesine "piezoelektrik etki" adı verilir. Bir kristale, rezonans frekansından veya buna yakın bir frekansta AC bir sinyal uygulandığında kristal mekanik salınımlar yapmaya başlar. Mekanik titreşimlerin büyüklüğü, uygulanan gerilimin büyüklüğü ile doğru orantılıdır.

Kristalin (xtall) sembolü ve eş değer devresi Şekil 2.1'de gösterilmiştir. Eş değer devredeki her bir eleman, kristalin mekanik bir özelliğinin karşılığıdır. C_m , kristalin mekanik montajından kaynaklanan kristalin elektrotları arasında var olan kapasitansı gösterir. Eş değer devredeki C, kristalin mekanik yumuşaklığına (esneklik, elastisite) eş değerdir. Eş değer devredeki L, titreşim yapan kristalin kütlelerini, R ise kristal yapısının iç sürtünmesinin elektriksiz eş değerini gösterir. R ile gösterilen kristal kayıpları çok küçük olduğundan kristallerin Q kalite faktörü 20.000 gibi çok büyük bir değerdedir. LC tank devrelerinde elde edilemeyen yüksek kalite faktörü kristal kontrollü osilatörlerde elde edilir. Bu da kristalli osilatörlerin yüksek kararlılığını ve kesinliğini gösterir.

Bir kristalin, bir seri ve bir de paralel eş değer devresi olduğu için iki rezonans frekansı vardır (seri, paralel). Seri rezonans devresi R, L ve C'den, paralel rezonans ise L ve C_1 den oluşur.

➤ **Kristallerin yapısı ve çalışması**

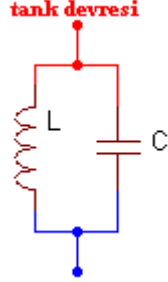
Akort kısmında tank devresi olarak kristal (X- TAL) kullanılan osilatör devrelerine kristal osilatör denir. Yüksek kararlılık sağlamak amacıyla kristal osilatörler kullanılır. Kristal maddesi olarak genellikle kuvars (quartz) kullanılır.

Kristallerin hangi frekansta çalışacağı ebatlarına bağlıdır. Belli ölçülerde kesilen kristal iki metal levha arasına esneyecek şekilde yerleştirilir. Kristalin bir yüzüne mekanik baskı uygulandığında uçlarında AC gerilim oluşur. Bu olaya kristalin piezo- elektrik etkisi adı verilir. Eğer kristalin iki ucuna dışarıdan AC gerilim uygulanırsa kristal levhada mekanik titreşimler oluşur. Kristalli pek çok devre çeşidi yapmak mümkündür.

2.2. LC Osilatörler

RC osilatörlerle elde edilemeyen yüksek frekanslı osilasyonlar LC osilatörlerle elde edilir. LC osilatörlerle MHz seviyesinde yüksek frekanslı sinüsoidal sinyaller elde edilir.

Paralel bobin ve kondansatörden oluşan devreye tank devresi adı verilir. Şimdi tank devresinden osilasyonun nasıl oluştuğunu açıklayalım.

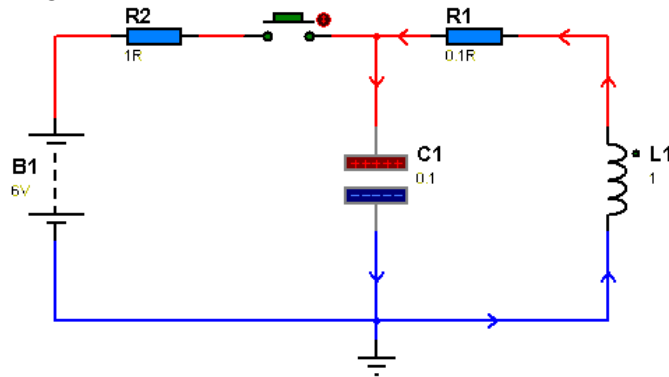


Şekil 2.2: Tank devresi

Bir kondansatörü, DC bir bataryaya kutupları şekilde görüldüğü gibi tam olarak bağlayalım. Şu anda devrede kondansatör kaynak görevini alır.

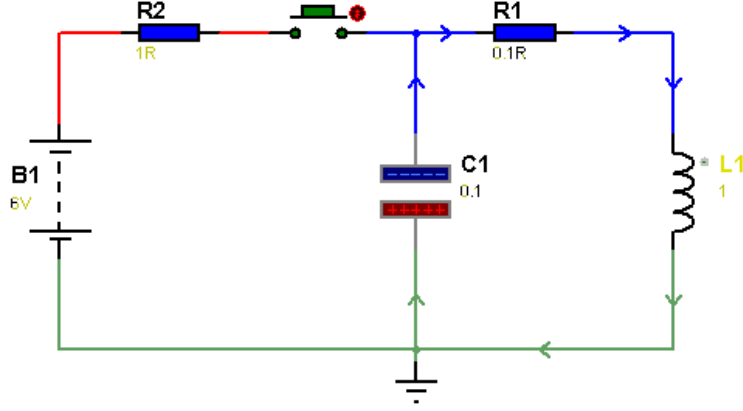
Kondansatör, bobin üzerinden deşarj oldukça bobinden akan akım, bobin etrafında bir manyetik alan meydana getirir. Bu olay, şekilde görüldüğü gibi bobinin şişme olayıdır çünkü, kondansatör üzerindeki potansiyeli, bobine manyetik alan oluşturarak aktarmıştır. Şu anda kondansatör tam olarak deşarj olmuştur.

Kondansatör tam olarak deşarj olduktan sonra bobin üzerindeki manyetik alan çökmeye başlar. Manyetik alan tamamen çökünceye kadar akım devamlı akacak ve kondansatör ters yönde şarj olacaktır. Devrede, elemanları birbirine bağlamak için kullanılan iletken tellerin az da olsa bir direnci olduğundan şu andaki kondansatörün üzerindeki şarj miktarı, bir öncekine göre daha az miktardadır.



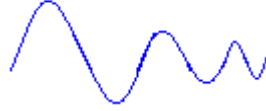
Şekil 2.3: Tank devresi ve akım yönleri

Kondansatör tekrar bobin üzerinden deşarj olacaktır. Deşarj akımının yönü bir önceki akım yönüne göre terstir. Bu deşarj akımı bobinin etrafında tekrar bir manyetik alanın oluşmasına yani bobinin şişmesine neden olacaktır.



Şekil 2.4: Tank devresi ve akım yönlerinin devamlı değişmesi

Bu kez şişen bobin çökmeye başlayacak ve kondansatörün şarj olmasına neden olacaktır. Kondansatör şarj olduğunda plakalarının kutupları, DC bataryaya şarj edildiği andaki kutuplarının aynısıdır. Şarjlı bir kondansatörün bobin üzerinden deşarj ve yeniden şarj olması tam bir sinüs dalgası meydana getirir. Fakat bobinin omik direncinden dolayı ikinci, üçüncü ve diğer sinüs eğrilerinin genlikleri giderek küçülür. Böylece sönümlü bir osilasyon elde edilmiş olur.



Şekil 2.5: Sönümlü osilasyon dalgası

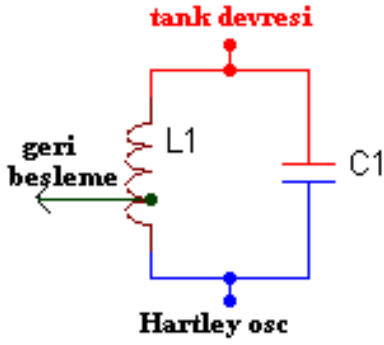
➤ Geri besleme devresi

Bir osilatörün osilasyon yapması için osilatör çıkış gücünün bir kısmının giriş gücüyle aynı fazda olarak girişe uygulanması demektir yani çıkışta yükseltilmiş olan bir osilasyon sinyalinin küçük bir kısmı aynı fazda (pozitif yönde) geri beslenecek olursa LC devresindeki kayıplar karşılanmış dolayısıyla yük uçlarından devamlı bir osilasyon elde edilmiş olur.

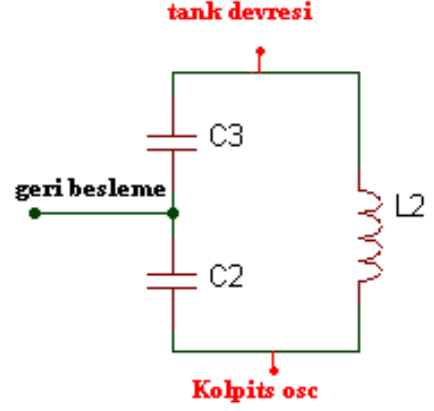


Şekil 2.6: Sönümsüz osilasyon dalgası

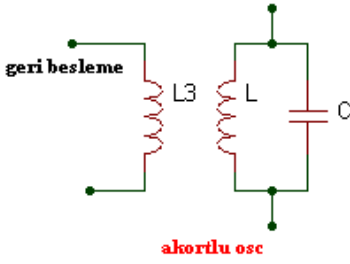
Geri besleme yöntemleri, osilatör devrelerinin tank devresinde elde edilen sinyalin bir kısmını pozitif yönde geri beslenmesini sağlayarak osilasyonların devamlılığını sağlar.



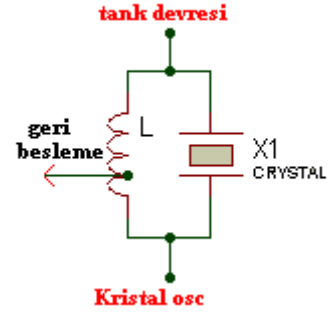
Şekil 2.7: Hartley osilatörde geri besleme



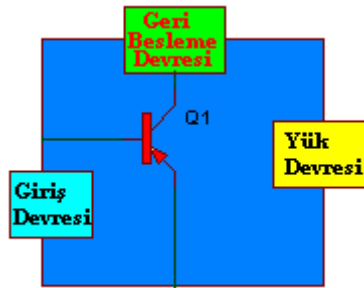
Şekil 2.8: Kolpits osilatörde geri besleme



Şekil 2.9: Akortlu osilatörde geri besleme



Şekil 2.10: Kristal osc



Şekil 2.11: Pozitif geri besleme blok şekli

2.2.1. Hartley Osilatör Yapımı

Hartley osilatörler, seri ve paralel hartley osilatör olmak üzere ikiye ayrılır. Şekil 2.12'de seri hartley osilatörünün devre şekli gösterilmiştir. Bu devrede, diğer osilatörlerde olduğu gibi bir yükselteç ve $L_1 - L_2 - C_T$ den oluşan tank devresi mevcuttur. $L_1 - L_2$ ve C_T den oluşan tank devresi yükselteç $+V_{cc}$ güç kaynağı arasına seri bağlanmıştır. Bu nedenle bu devreye "seri hartley osilatörü" denir. Devreye dikkat edilirse doğru akım, topraktan itibaren R_E direnci, NPN transistör, L_1 ve R_C üzerinden $+V_{cc}$ tatbik voltajına ulaşır. Tank devresinin bir kısmı $+V_{cc}$ güç kaynağı ile seri olduğundan devre seri beslemelidir. Tank devresinde $L_1 + L_2 = L_T$ ise çıkış sinyali frekansı $f = 1 / (2\pi\sqrt{C_T \cdot L_T})$ formülü ile bulunur.

Geri besleme, L_1 ve L_2 bobinlerinin orta ucundan yükseltecin girişine yapılmıştır. Bu devrede;

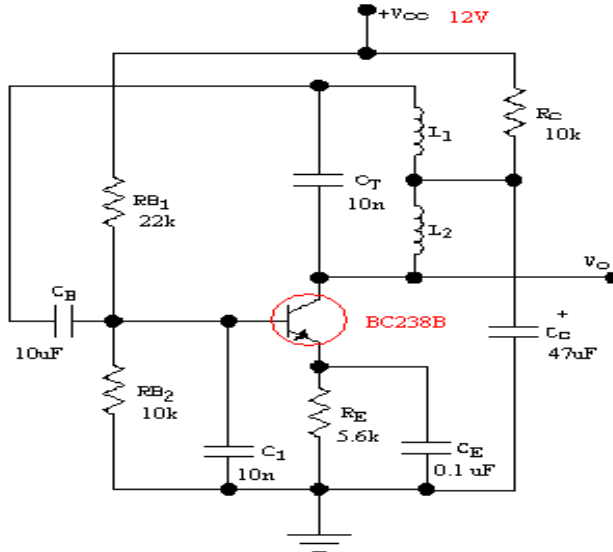
$R_{B1} - R_{B2}$ = Transistörünün beyz polarmasını sağlayan voltaj bölücü dirençler,

$R_E - C_1$ = Emite direnci ve bypass kondansatörüdür.

C_1 = Base ile toprak arasında oluşan yüksek frekanslı osilasyonları söndüren, devrenin kararlı çalışmasını sağlayan kondansatördür.

$L_1 - L_2 - C_T$ = Frekans tespit edici tertiptir.

C_B = Geri besleme kuplaj kondansatörüdür.

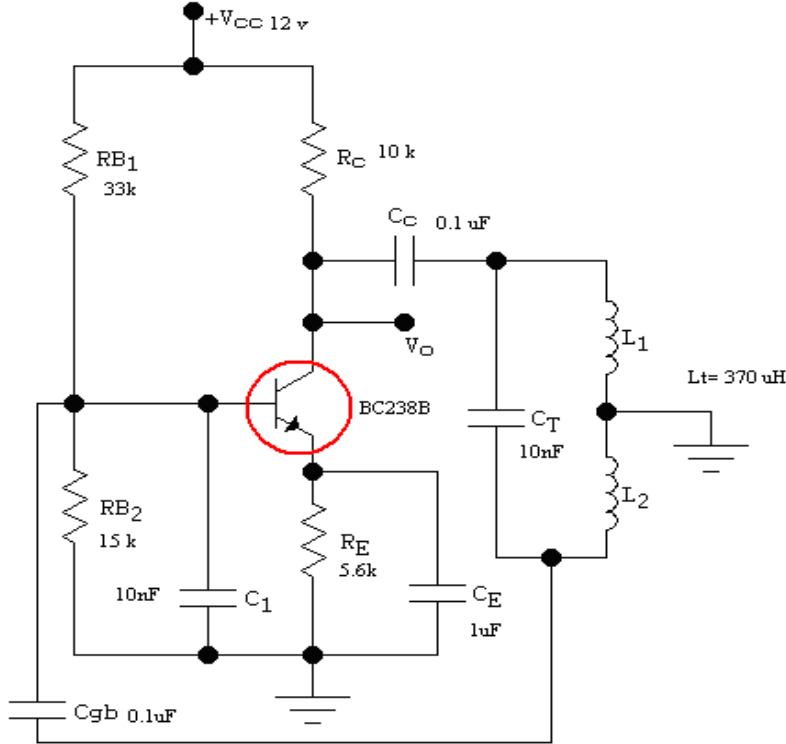


Şekil 2.12: Seri hartley osilatörü şeması

➤ Paralel hartley osilatör

Hartley osilatörlerinin diğeri tipi paralel hartley osilatördür. Seri ve paralel hartley osilatörlerinin en belirgin özelliği orta uçlu bobinin kullanılmasıdır. Seri hartley osilatörlerinde olduğu gibi Şekil 2.13'teki paralel hartley osilatörlerinde de frekans tespit edici tank devresi ve yükselteçten oluşur. Burada tank devresi, besleme gerilimine paraleldir. DC akım yolu toprak, R_E , NPN tipi transistör, R_C ve $+V_{CC}$ besleme kaynağıdır. $L_1 - L_2$ - ve C_T den oluşan frekans tespit edici tank devresi, yükselteç üzerinden geçen DC akım yoluna paraleldir. Bundan dolayı paralel beslemeli hartley osilatörü olarak da bilinir. Devrede C_c ve C_{gb} kondansatörleri, transistörün kolektör ve beyzini L_1 ve L_2 bobininden DC bakımdan ayırır. L_1 ve L_2 bobinleri orta uca sahip tek bir bobindir. Tank devresinin frekansı bobin ve kondansatörünün değerine bağlıdır. Devrenin çalışma frekansı seri hartley osilatörde verilen formülle bulunur.

Paralel hartley osilatör ve yükselteç, emiteri ortak tertiplenmiştir. Bu yükseltecin kazancı emiter akımına dolayısıyla R_E emiter direncine bağlıdır. Geri besleme oranı doğrudan osilasyonların genliğini etkiler. Beyz ile toprak arasındaki C_1 kondansatörü, beyz ile toprak arasında oluşan yüksek frekanslı osilasyonları söndüren ve devrenin kararlı çalışmasını sağlayan bir elemandır.



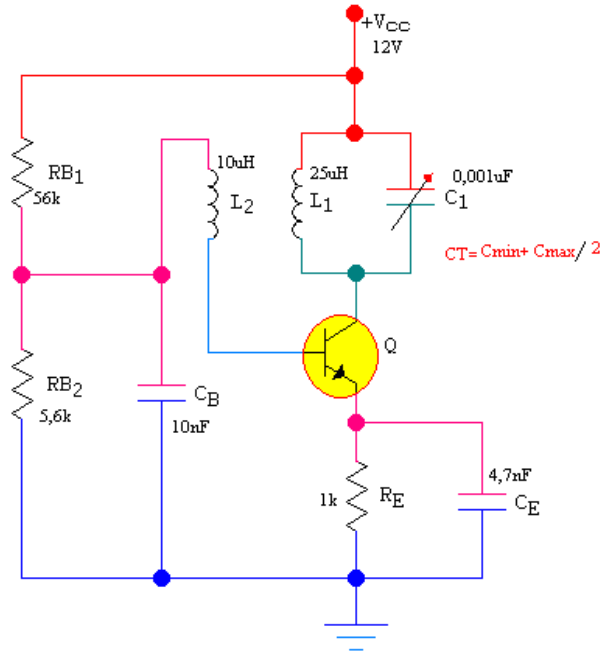
Şekil 2.13: Paralel hartley osilatörü şeması

2.2.2. Kolektörü Akortlu Osilatör Yapımı

Kolektör akortlu osilatör devresinde yükselteç transistörünün kolektöründe L ve C'den oluşan tank devresi vardır. RB_1 ve RB_2 dirençleri voltaj bölücü dirençler olup C_B ve C_E kondansatörleri buldukları noktaları AC bakımından topraklayan bypass (köprüleme) kondansatörleridir. Osilatörün çalışma frekansını L_1 ve C_1 elemanları belirler.

Devrenin çalışma frekansı $f = 1 / [2\pi\sqrt{L_1.C_1}]$ formülü ile bulunur.

C_1 kondansatörü değişebilen kondansatör olursa osilatörün bir frekans bandı içinde ayarlanmasını sağlar. Böylece osilatör "değişebilen frekanslı osilatör (VFO)" olarak kullanılabilir. L_1 bobininden L_2 bobinine indükleme meydana gelerek pozitif geri besleme olmuş olur.



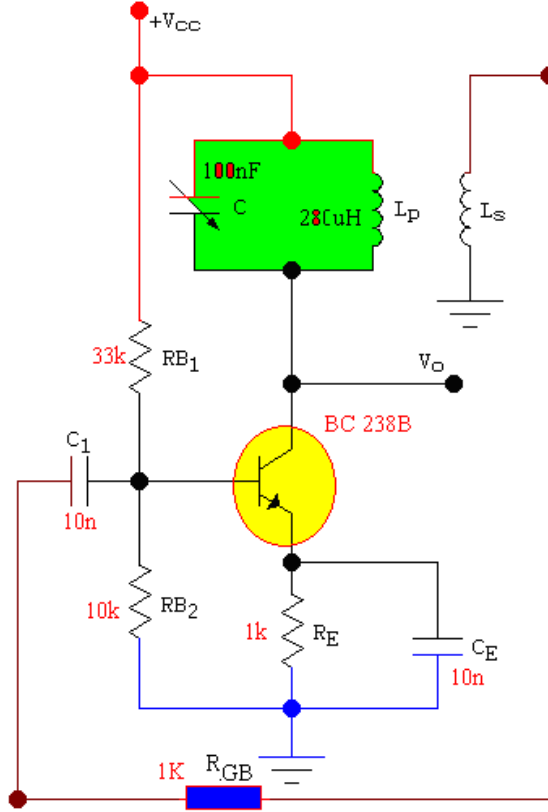
Şekil 2.14: Kolektörü akortlu osilatör şeması

2.2.3. Tikler Bobinli Osilatör Yapımı

Tikler osilatör, emiteri ortak bağlı yükselteç ile bu yükseltecin çıkışına bağlanan tank devresinden oluşur. Tank devresindeki transformatörün sekonderinden (L_s) yükselteç girişine C_1 vasıtasıyla geri besleme yapılmıştır. Burada geri besleme oranı, transformatörün dönüştürme oranına bağlıdır.

Osilatörün ürettiği sinüsoidal sinyalin frekansı $f = 1 / 2\pi\sqrt{L_p.C_T}$ formülüyle bulunur.

L_s bobinine aynı zamanda "tikler bobini" adı verilir. Tikler geri besleme bobinine de "Armstrong osilatörü" denir.



Şekil 2.15: Tikler bobinli osilatör şeması

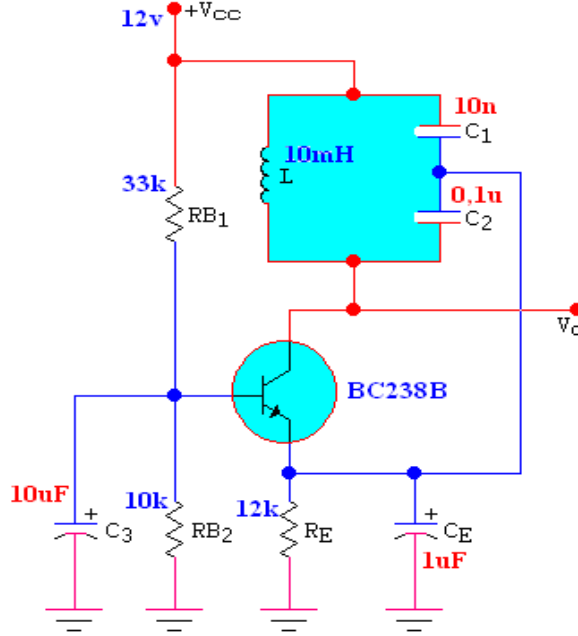
2.2.4. Collpitts Osilatör Yapımı

Kolpitts osilatör, frekans kararlılığı bakımından hartley osilatöründen daha iyidir. İkisi arasındaki en büyük fark, osilasyonu devam ettiren geri besleme sinyali hartleyde bobin yardımıyla kolpitste ise şekilde görüldüğü gibi C_2 kondansatörünün iki ucu arasından temin edilir. Kolpitts osilatörlerde, C_1 ve C_2 gibi split kondansatörler (ayrılmış, bölünmüş kondansatörler) bulunur. Bu split kondansatörler, kolpitts osilatörlerin en belirgin özelliğidir. Bu osilatörün tank devresini $L - C_1$ ve C_2 elemanları oluşturur. Burada, C_1 ve C_2 seri bağlı olduğundan tank devresinin eş değer kapasite değeri $C_T = (C_1 \cdot C_2) / (C_1 + C_2)$ olur.

Osilatörün çıkışından alınan sinüsoidal sinyalin frekansı (Şekil 2.16'daki devrede), $R_E - C_E$, yükseltecin emiter direnci ve bypass kondansatörü $R_{B1} - R_{B2}$, beyz polarmasını sağlayan voltaj bölücü dirençler, C_3 beyzi AC sinyalde topraklayan bypass kondansatörü, $L - C_1 - C_2$ frekans tespit edici tertip, NPN tipi transistör, yükselteç transistördür.

C_1 ve C_2 kondansatörlerinin birleştiği noktadan, transistörlerin emiterine geri besleme yapılmıştır. Transistörün beyzine giriş sinyali uygulanmadığı için emiterden giren sinyali, kolektörden aynen çıkar. Emiter ile kolektör arasında faz farkı yoktur.

Osilatörün çalışma frekansına göre kondansatör ve bobin osilatörünün frekansını belirler. L veya C'nin değerleri değiştirilerek osilatörün çalışma frekansı değiştirilebilir.



Şekil 2.16: Colpits osilatör şeması

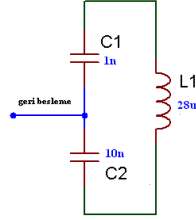
➤ Transistörlü collpits osilatör çeşitleri

Kolpits osilatör yapmak için çıkıştan girişe orta ucu şaseye bağlı seri iki adet kondansatör ve bu kondansatörlere paralel bağlı bobin kullanılarak tank devresi oluşturulur.

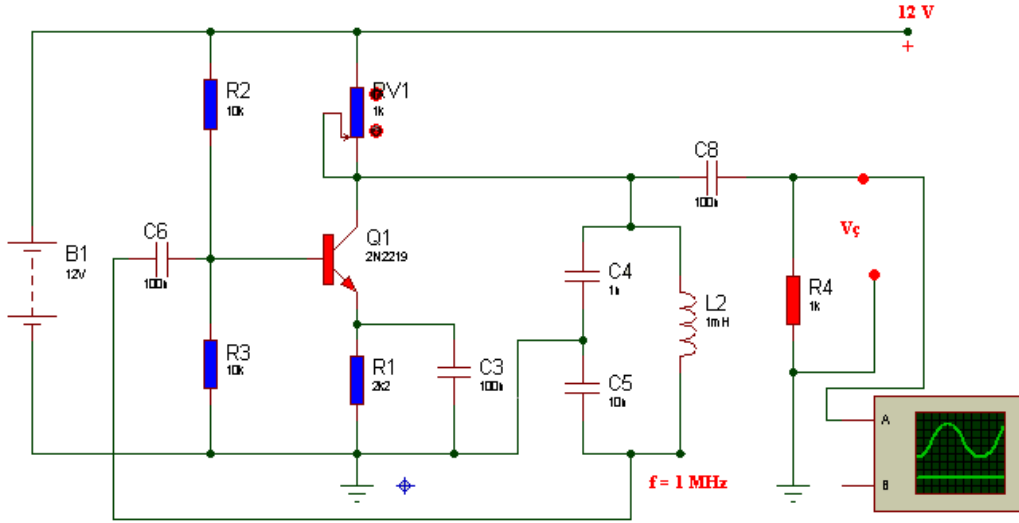
Devre emiteri ortak çalışacak şekilde tasarlanmıştır. R_1 ve R_2 beyz polarmasını sağlayan gerilim bölücü dirençlerdir. Çıkış kolektörden alınır. Transistörün iletim miktarı ile ters orantılı olarak kolektör çıkış gerilimi düşer. Transistör kesimde iken kolektör gerilimi maksimumdur. Transistörün iletim kesim değişimi tank devresinin yaptığı pozitif geri beslemeden dolayı sinüs eğrisi oluşturacak şekilde olur.

Osilasyonların devamlı olması için C_2/C_1 oranının 1'den büyük olması gerekir. Bu değer 10 civarında olduğunda sonuç verimli olmaktadır. C_2/C_1 oranının iyi ayarlanamaması osilasyonların kesilmesine sebep olur. Besleme geriliminin değeri osilasyonların genliğini, dalga şeklini ve devamlılığını etkiler. Aşağıdaki devrede RFC bobini yerine direnç bağlanmıştır. Devrenin çalışma frekansına göre direnç değerinin değiştirilmesi gerekir. Normal şartlarda 1 K Ω sabit direnç yeterlidir. POT'un değeri 200 Ω 'dan büyük 2K7'den

küçük olduğunda devre çalışır ve 1 MHz'de oluşur. Direnç değeri kritik değere kadar büyütüldükçe çıkış genliği artmaktadır.



Şekil 2.17: Tank devresi



Şekil 2.18: Kolpits osilatör şeması

➤ Fetli collpits osilatör

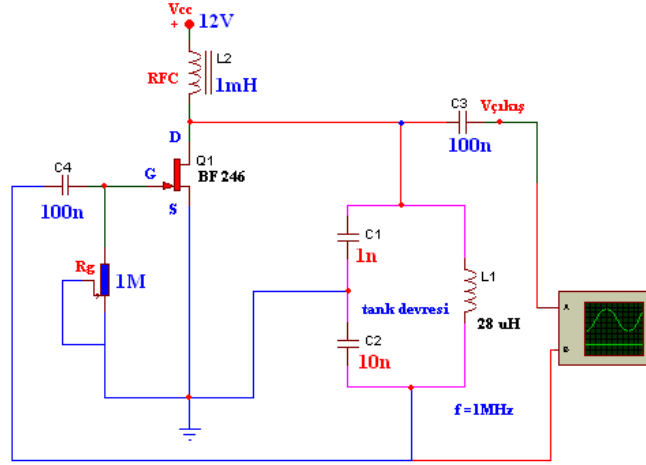
Aşağıdaki devre, transistörlü kolpits osilatör devresiyle hemen hemen aynıdır. Burada transistör yerine fet kullanılmıştır. Bilindiği gibi fetlerde transistörün aksine geyt ucu boşta iken D-S arasından akım geçer. Bu yüzden gerilim bölücü direçler kullanmak yerine geyt uygun bir dirençle şaseye bağlanır. Fetli kolpits osilatör devresinde osilasyonların devamlı olması için RFC (radyo frekans şok) bobininin kullanılması gerekmektedir. Bu bobinin değeri 100 uH'den 100 mH'ye kadar herhangi bir değerde olabilir. 1 mH'lik bir bobin kullanıldığında devre rahatlıkla çalışmaktadır. Bu şok bobini yerine elinizde bulunan transformatorler ya da hazır bobinler denenerek devreyi çalıştırmak mümkündür.

$$C = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} \quad f = \frac{1}{2\pi \sqrt{L \cdot C}}$$

Örneğin 2 Wattlık bir trafonun primer tarafı 5H, sekonder tarafı ise 100mH civarında değere sahiptir. Dolayısıyla RFC şok bobini yerine küçük bir besleme trafosunun sekonder uçları bağlanabilir.

L = Bobinin endüktansı (Henry)

C = Kondansatör değeri (Farad)



Şekil: 2.19: Fetli kolpits osilatör şeması şekli

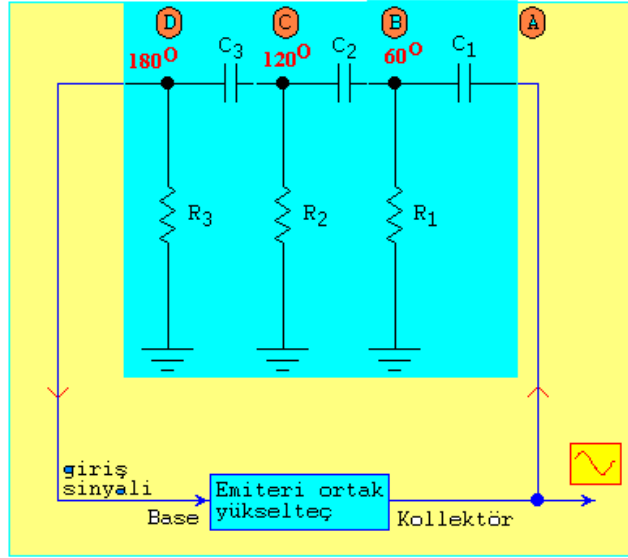
2.3. RC Osilatörler

Çıkışında sinüsoidal sinyal üreten osilatörler, alçak frekanslardan (birkaç hertz), yüksek frekanslara (109 Hz) kadar sinyal üretir. Alçak frekans osilatör tiplerinde frekans tespit edici devre için direnç ve kondansatör kullanılıyor ise bu tip osilatörlere "RC osilatörler" adı verilir.

RC osilatörler, 20 Hz – 20 KHz arasındaki ses frekans sahasında geniş uygulama alanına sahiptir.

Şekil 2.20'de RC osilatörün blok diyagramı gösterilmiştir. Blok diyagramda R-C devresi hem pozitif geri beslemeyi hem de frekans tespit edici devreyi sağlar.

Blok diyagramdaki yükselteç devresi, emiteri ortak yükselteç devresi olduğu için A noktasındaki kolektör sinyali ile beyz (base) üzerindeki sinyal 180° faz farklıdır. Sinyal, C_1 üzerinden R_1 üzerine (B noktası) uygulandığında bir faz kaydırma meydana gelir (yaklaşık 60°). Faz kayma meydana geldiği için genlikte de bir miktar azalma olur. B noktasındaki sinyal C_2 üzerinden R_2 ye uygulanır. Böylece yaklaşık 120° lik bir faz kayma meydana gelir ve genlikte de azalma olur. C noktasındaki sinyal C_3 üzerinden R_3 e uygulanırken (D noktası) 180° faz kaydırmaya maruz kalır. 3 adet RC devresinin her biri 60° faz kaydırıp toplam 180° lik faz kaydırmaya neden olmuştur. D noktasındaki sinyal, transistörün beyzine uygulanan pozitif geri besleme sinyalidir.



Şekil 2.20: RC osilatörün blok şekli

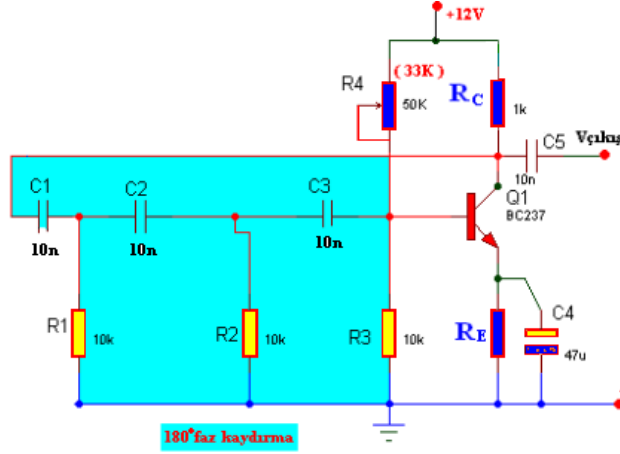
➤ **Faz kaymalı osilatör yapımı**

Bir amplifikatör devresinin osilasyon yapabilmesi için çıkıştan girişe beyz ile emiter aynı fazda, giriş ile kolektör ise 180° faz farklıdır. Dolayısıyla kolektör ile beyz arasında 180° faz farkı vardır. Kolektörden beyze yapılan geri besleme doğrudan yapılırsa negatif geri besleme olur. Bunu pozitif geri beslemeye çevirmek için kolektördeki (180° faz farklı) sinyali tekrar 180° faz terslemek gerekir.

Aşağıdaki devrede kolektörden alınan çıkış, seri RC devrelerinde işleme tabi tutularak 180° faz kaydırılmıştır. Üç adet seri RC devresi olduğuna göre her biri 60° faz kaydırmaktadır. Bu işlem için $R_1 = R_2 = R_3$ ve $C_1 = C_2 = C_3$ olmalıdır. R_1, R_2, R_3 e R ; C_1, C_2, C_3 e C adı verilir. Devre frekansı şu şekilde hesaplanır:

$$f = \frac{1}{2\pi \cdot R \cdot C \sqrt{6+4 \cdot \frac{R_C}{R}}}$$

Çıkıştaki osilasyonların genliği, transistörün kazancına, geri besleme devresinin oranına, RC faz kaydırma devresinin toplam empedansına, kolektör ve emiter dirençlerine bağlıdır. R_E direnci küçüldükçe çıkış genliği artar. R_E nin küçülmesiyle devrenin giriş empedansı da küçüleceğinden frekans düşer. Ancak R_E nin değeri $2K2'$ den aşağı düştüğünde çıkış alınamaz. R_1 direnci büyütüldüğünde de çıkış frekansı düşer. R_4 direnci transistörün çalışma doğrusuna etki eder. En uygun direnç değeri şöyle bulunur: Diğer elemanlar aynı kalmak kaydıyla R_4 yerine 50 K pot bağlanır. Sinüsoidal sinyalin en düzgün ve derin olduğu durumu bulmak için pot ayarlanır. İstenilen sinyal şekli görüldüğünde pot ölçülür. Aşağıdaki devre için potun değeri 32 K ölçülmüştür. Standartta 32 K direnç olmadığı için 33 K direnç kullanılmıştır.

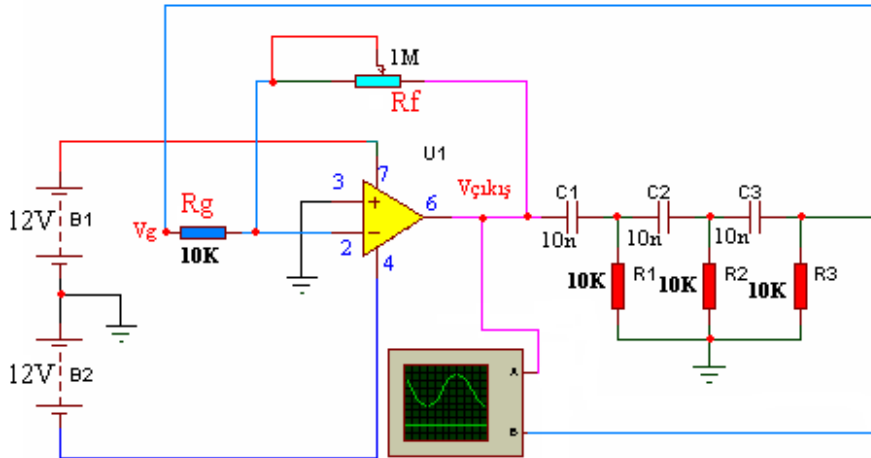


Şekil 2.21: RC faz kaymalı osilatör şeması

➤ **Opampli RC faz kaymalı osilatör**

Opampli RC faz kaymalı osilatör devresinin kazancı R_f / R_g oranıyla ayarlanır. Eviren giriş kullanıldığı için giriş ile çıkış arasında 180° faz farkı vardır. Osilasyonun sağlanması için çıkıştan girişe pozitif geri besleme yapılması şartı vardır. Bu yüzden çıkıştan girişe, her biri 60° faz kayması sağlayan üç adet RC devresi bağlanır. Çıkışın fazı 180° kaydırılarak çıkış ile girişin aynı faza gelmesi sağlanır. Böylece geri besleme pozitif hâle getirilmiş olur. Çıkış sinyalinin en iyi şeklini alabilmek için geri besleme direnci olarak kullanılan potun ayarı yapılır. Potun değeri 470-500 K Ω arasında bir değere getirildiğinde devre çıkışından istenilen özellikte sinyal alınır. Devrenin osilasyon yapabilmesi için devre kazancının 29'dan büyük olması gerekir. Bundan dolayıdır ki $R_f \geq 29 R_g$ olacak şekilde seçilmelidir.

Devrenin osilasyon frekansı $f = 1 / 2 \cdot \pi \cdot R \cdot C \sqrt{6}$ formülüyle hesaplanır.



Şekil 2.22: OP-AMP'lı RC faz kaymalı osilatör şeması

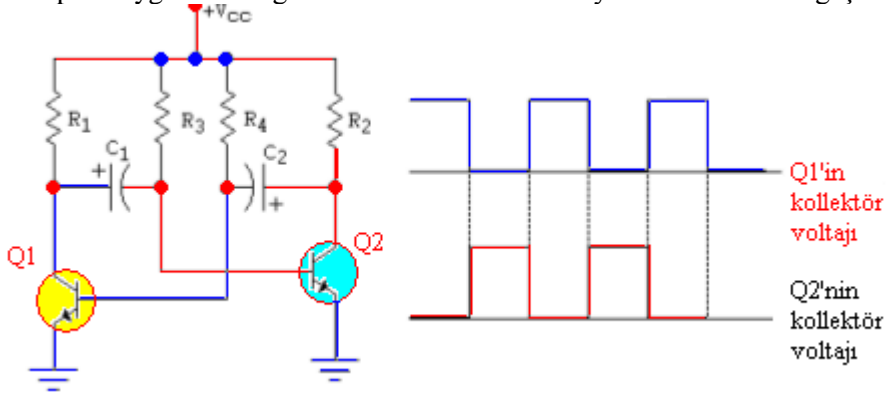
2.4. Çoklu Vibratörler

Elektronik anahtarlama devrelerinin bir türüne multivibratör denir. Bir multivibratör devresi iki katlı bir yükseltecin çıkışının yeniden kendi girişine verilmesinden meydana gelir. Buna göre bir multivibratör % 100 pozitif geri beslemeli bir osilatör devresidir. Böyle bir osilatör devresinde her iki katta bulunan devre elemanları arasındaki çok küçük farklılıklar salınım başlatır. Multivibratörler üç çeşittir. Bunlar:

- Astable multivibratör (kararsız multivibratör)
- Monostable multivibratör (tek kararlı multivibratör)
- Bistable multivibratör (çift kararlı multivibratör)

2.4.1. Astable Multivibratör Yapımı (Kararsız)

Astable multivibratörler, istenilen frekansta kare dalga üretmek için kullanılan devrelerdir. Kare dalganın yüksek ve alçak durumlarının birbirine eşit olması için direnç ve kondansatör aynı değerde seçilir yani $R_1 = R_2 = R$ $C_1 = C_2 = C$ $R_{C1} = R_{C2} = R_C$ olmalıdır. Devrede transistörlerden birisinin iletme geçmesi, diğerini kesime götürmektedir. Bu multivibratör devresi sabit bir konumda değildir. Dışarıdan bir tetikleme pulsu uygulanmadığından transistörler sıra ile yalıtmıdan iletme geçer.



Şekil 2.23: Astable multivibratör

Şekildeki astable multivibratör devresinde $R_1 = R_2$, $R_3 = R_4$, $C_1 = C_2$, $Q_1 = Q_2$ olduğundan iki transistörün aynı anda iletimde ya da kesimde olduğu düşünülebilir. Fakat devredeki elemanların az da olsa birbirinden ayıran toleransları vardır. Örneğin 47 KΩ'luk direncin toleransı % 5 ise bu direncin değeri 45 K ile 49 K arasındadır. O hâlde devredeki elemanların toleransları olduğu için başlangıçta bir transistör iletimde, diğeri ise kesimdedir.

Başlangıçta Q1 yalıtmıda, Q2 iletimde olsun (Şekil 2.23). Bu durumda C2 kondansatörü Q2 ve R4 üzerinden V_o gibi bir voltaja şarj olur. Bu esnada C2 kondansatörü de Q2, R1 ve +Vcc üzerinden dolmaya başlar. C1'in sol ucu (+), sağ ucu (-) C2'nin sol ucu (+), sağ ucu ise (-) olarak kutuplanır. C2 kapasitesi üzerindeki gerilim Q1 transistörünü

iletme geçirebilecek seviyeye ulaştığında Q1 iletme geçer. Bu anda, C1 'in (+) ucu şaseye, (-) ucu ise Q2 'nin beyzine bağlanmış olacağından Q2 kesime girer. C1 kapasitesi R3 ve Q1 üzerinden deşarj olmaya başlar. C1'in üzerindeki gerilim miktarı 0 volta iner ve ilk durumuna göre ters yönde yükselmeye başlar. Bu esnada C2 kapasitesi, Q1 ve R2 üzerinden kaynak voltajı olan Vcc'ye şarj olmaktadır. C1 üzerindeki kaynak voltajı olan Vcc'ye şarj olmaktadır. C1 üzerindeki gerilim Vo (0,7 V) gibi yeterli seviyeye ulaştığında Q2 iletme girer. Bu anda C2 kondansatörünün (+) ucu şaseye, (-) ucu ise Q1 transistörünün beyzine irtibatlı olduğundan Q1 yalıtıma gider. Bu olay böyle devam eder. Dolayısıyla ledler sırasıyla yanıp söner.

C₁ ve C₂ kondansatörlerinin ters yönde tamamen dolması için

$$\tau = 0,7 \cdot R_3 \cdot C_1$$

$$\tau_p = 0,7 \cdot R_4 \cdot C_2$$

$$T = \tau + \tau_p$$

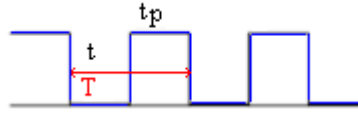
$$T = 0,7 \cdot (R_3 \cdot C_1 + R_4 \cdot C_2)$$

$$R_3 = R_4 = R$$

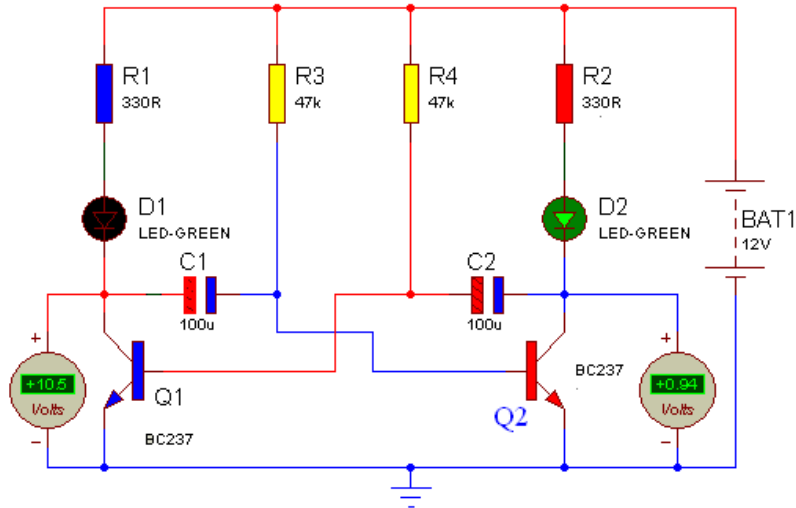
$$C_1 = C_2 = C$$

$$T = 1,4 \cdot R \cdot C$$

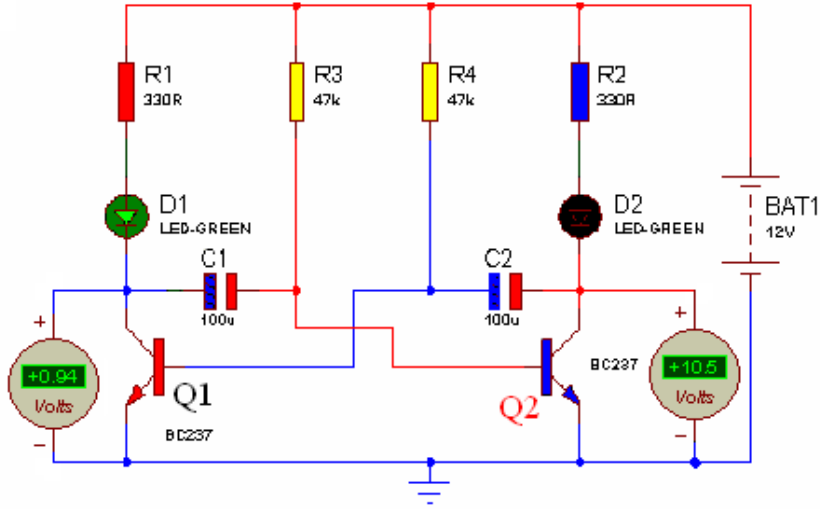
$$f_0 = 1/T \quad f_0 = 1/(\tau + \tau_p) \text{ dir.}$$



Şekil 2.24: Kare dalga frekans periyodu



Şekil 2.25: Karasız multivibratör şeması (Q2) iletimde



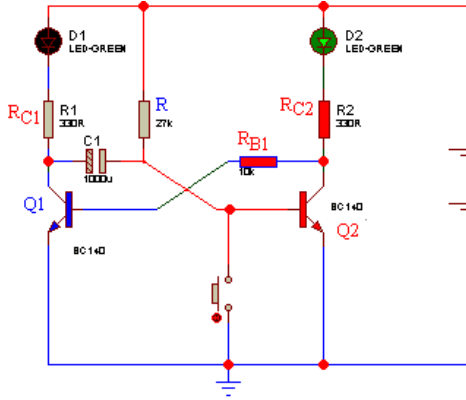
Şekil 2.26: Kararsız multivibratör şeması (Q1) iletimde

2.4.2. Monostable (Tek Kararlı) Multivibratörlerin Yapımı

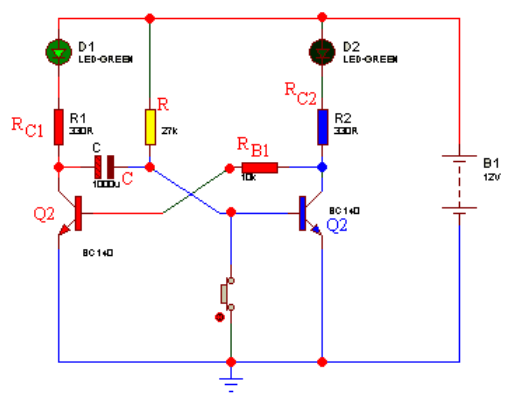
Tek kararlı multivibratör devresinde, normal durumda transistörlerden birisi iletimde diğeri kesimdedir. Devre tetiklendiğinde kesimde olan transistör bir süre sonra iletime geçer, sonra kendiliğinden kesime gider.

Aşağıdaki devrede Q_2 , R direnci üzerinden gerekli polarmayı aldığından doyumdadır. Q_1 'in beyzi, Q_2 'nin C – E üzerinden şaseye bağlı olduğundan Q_1 kesimdedir. Bu durumda C kondansatörü üzerinde belirtilenin tam tersi polaritede yaklaşık kaynak gerilimine şarj olur. Eksi ucu R_{C1} ve L_1 üzerinden V_{CC} 'ye, artı ucu Q_2 'nin B- E üzerinden şaseye bağlıdır. Devreye dokunulmadığı sürece aynı durumda kalır.

Q_1 i iletime geçirmek için beyzinin şase potansiyelinden kurtarılması gerekir. Bu nedenle Q_2 kesime götürülmelidir. Butona basılınca Q_2 kesime gider. Q_1 'in beyzi şase potansiyelinden kurtulur. Q_1 iletime geçince C'nin eksi ucu şaseye, artı ucu da R üzerinden +12 volta bağlanır. C'nin artı ucu aynı zamanda Q_2 'nin beyzine de bağlıdır. Kondansatör az önce ters polariteli şarj olduğundan Q_2 ters polarize olarak kesimde kalır. Q_1 'in beyzi R_{C2} , L_2 ve R_{B1} üzerinden doğru polarma alarak doyumda kalmaya devam eder. C'nin üzerindeki gerilim önce sıfırlanır sonra üzerindeki kutuplara göre şarj olmaya devam eder. C'nin üzerindeki gerilim önce sıfırlanır sonra üzerindeki kutuplara göre şarj olmaya devam eder. C'nin + ucundaki gerilim Q_2 'nin eşik gerilimine ulaştığında (+ 0,7 V) Q_2 iletime geçer. Q_1 'in beyzi, Q_2 'nin C- E üzerinden şaseye bağlanacağından Q_1 tekrar kesime gider. Q_1 'in iletimde kalma süresi R ve C elemanlarının değerine bağlıdır. R ve C küçüldükçe Q_1 'in iletim süresi kısalmır.



Şekil 2.27: Monostable devre şeması (buton açık)

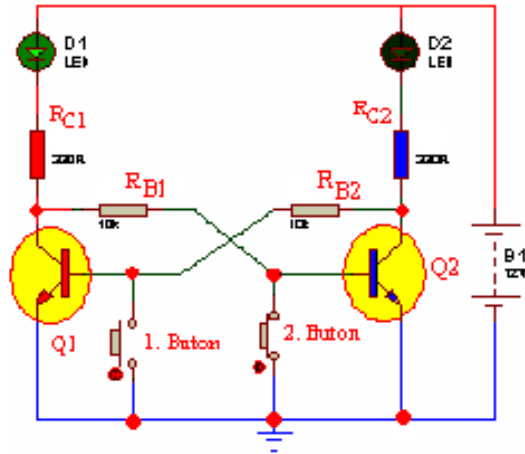


Şekil 2.28: Monostable devre şeması (buton kapalı)

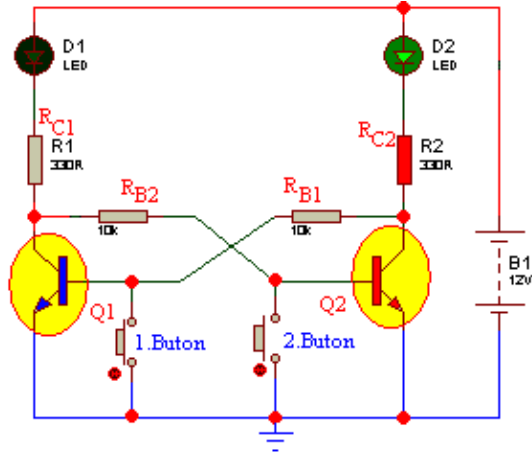
2.4.3. Biastable Multivibratör Yapımı (Çift Kararlı)

Dışarıdan tetik girildiğinde konum değiştiren ve yeni bir tetik girilene kadar konumunu koruyan devrelere çift kararlı multivibratör denir.

Devrede kesime götürülecek olan transistörün beyzindeki butona basılır. Örneğin ilk anda Q_1 kesimde Q_2 doyumda olsun. Dokunulmadığı sürece durum böyle kalır. Q_1 kesimde iken Q_2 nin beyzi R_{C1} , L_1 ve R_{B2} üzerinden gerekli polarmayı aldığından Q_2 iletimdedir. Q_1 in beyzi ise R_{B1} ve Q_2 nin C – E üzerinden şase potansiyelindedir. Bu durumda 1. butona basılması devrenin çalışmasını etkilemez. 2. butona basıldığında Q_2 nin beyzi şaseye bağlanır ve kesime gider. Q_1 in beyzi şase potansiyelinden kurtularak R_{B1} , L_2 ve R_{C2} üzerinden +12 volta bağlanır. Q_1 iletime geçer. Q_2 yi iletime geçirmek için 1.butona basmak yeterlidir. Bu devrede butonların ikisine aynı anda basılmaz. Basıldığında ledlerin ikisi de söner ve devre istenilen amaca uygun kullanılmış olamaz.



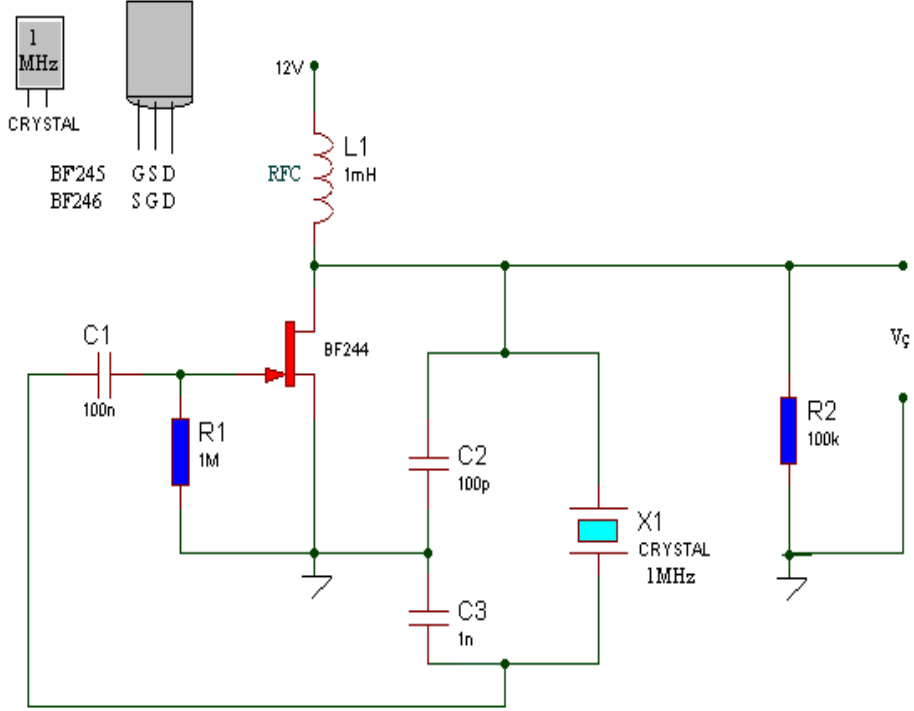
Şekil 2.29: Bistable devre şeması (buton 1 açık)

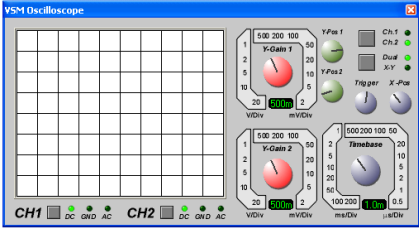


Şekil 2.30: Bistable devre şeması (buton 1 kapalı)

UYGULAMA FAALİYETİ

Fet transistörlü kristal osilatör devre şeması uygulaması yapınız.



İşlem Basamakları	Öneriler						
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Malzemelerin sağlamlık kontrolünü yaparak fet transistörlü kristal osilatör devresini kurunuz. ➤ Devreyi çalıştırarak çıkışa osilaskop bağlayınız. ➤ Çıkış sinyalinin frekansını ve genliğini ölçünüz. ➤ Ölçtüğünüz frekansı ve kristalin üzerinde yazan frekans değerini tabloya kaydediniz. ➤ V_{ck} gerilimini osilaskopta gözleyiniz. Genlik (t-t) ve frekansını ölçüp yanda verilen osilaskop şekli üzerine çiziniz. ➤ RFC bobini yerine 10 K ayarlı pot bağlayınız. Çıkış dalga şeklini inceleyiniz. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Dijital ve analog ölçü aleti kullanarak devre elemanlarının sağlamlık kontrolünü yapınız. Devreyi kurmak için bread board kullanınız. ➤ DC 12 volt uygulayınız. Probun canlı uçlarını ve şase uçlarını doğru bağlayınız. ➤ Dijital Avometre, frekansmetre ve osilaskoptan yararlanarak ölçme işlemini gerçekleştiriniz. ➤ Resimde fet transistörlü kristal osilatör devresi çıkış dalga ekranı görülmektedir. 						
<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 33%;">F (frekans)</th> <th style="width: 33%;">F (ölçülen)</th> <th style="width: 33%;">V (ölçülen)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>.....</td> <td>.....</td> <td>.....</td> </tr> </tbody> </table>	F (frekans)	F (ölçülen)	V (ölçülen)	
F (frekans)	F (ölçülen)	V (ölçülen)					
.....					

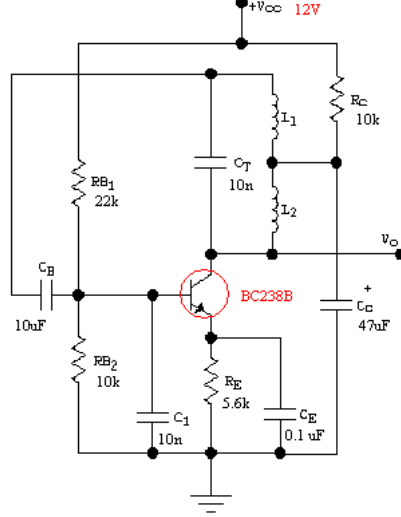
KONTROL LİSTESİ

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. Gerekli malzemeleri temin ederek sağlamlık kontrollerini yaptınız mı?		
2. Devre şemasına uygun olarak devreyi kurdunuz mu?		
3. Devre çıkışını osilaskop yardımı ile gözlemlediniz mi?		
4. İşlem basamaklarında verilen değişiklikleri devreye uygulayarak sonuçlarını gözlemlediniz mi?		

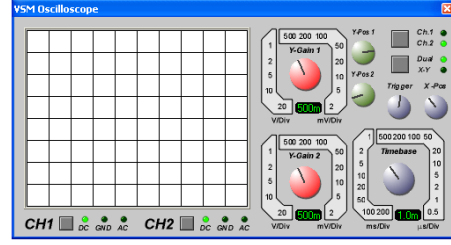
UYGULAMA FAALİYETİ

Seri hartley osilatörü uygulaması yapınız.



İşlem Basamakları	Öneriler									
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Malzemelerin sağlamlık kontrolünü yaparak yukarıda verilen devreyi kurunuz. ➤ Devreyi çalıştırarak çıkışa osilaskop bağlayınız. ➤ Çıkış sinyalinin frekansını ve genliğini ölçünüz. ➤ Ölçtüğünüz frekans ve hesaplanan frekans değerini tabloya kaydediniz. ➤ $V_{çk}$ gerilimini osilaskopta gözleyiniz. Genlik (t-t) ve frekansını ölçüp osilaskop şekli üzerine çiziniz ➤ C_t kondasatörünü 4.7 nF ile değiştirerek genlik ve frekansını ölçüp tabloya not ediniz. ➤ Çıkış dalga şekillerini osiloskop ekranına çiziniz (Şekil 2.35). ➤ C_B kondasatörünü yerinden çıkartınız. Çıkıştaki işareti gözlemleyiniz. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Dijital ve analog ölçü aleti kullanarak devre elemanlarının sağlamlık kontrolünü yapınız. Bread board üzerinde yukarıda verilmiş olan devreyi kurunuz. <table border="1" style="margin: 10px auto;"> <thead> <tr> <th>C_T</th> <th>F ölçülen</th> <th>F hesaplanan</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10nF</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4,7nF</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> ➤ DC 12 volt uygulayınız. Probu canlı uçlarını ve şase uçlarını doğru bağlayınız. ➤ Dijital Avometre, frekansmetre ve osilaskoptan yararlanarak ölçme işlemini gerçekleştiriniz. ➤ Resimde $C_T = 10$ nF için çıkış dalga şekli görülmektedir. 	C_T	F ölçülen	F hesaplanan	10nF			4,7nF		
C_T	F ölçülen	F hesaplanan								
10nF										
4,7nF										

Resimde $C_T = 4,7$ nF için çıkış dalga şekli görülmektedir.



➤ Geri besleme kondansatörünün olmaması pozitif geri beslemeyi ortadan kaldırmış olur.

KONTROL LİSTESİ

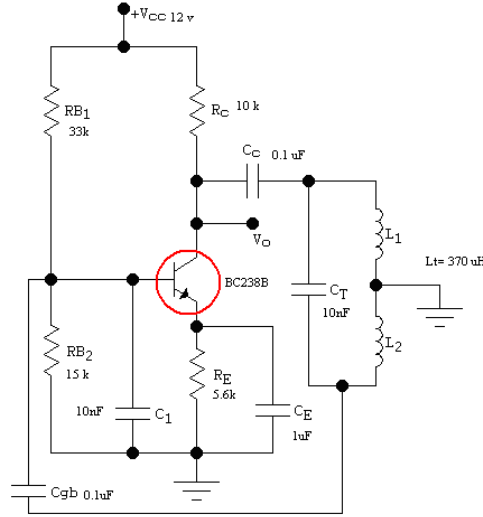
Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Gerekli malzemeleri temin ederek sağlamlık kontrollerini yaptınız mı?		
2. Devre şemasına uygun olarak devreyi kurdunuz mu?		
3. Devre çıkışını osilaskop yardımı ile gözlemlediniz mi?		
4. İşlem basamaklarında verilen değişiklikleri devreye uygulayarak sonuçlarını gözlemlediniz mi?		

UYGULAMA FAALİYETİ

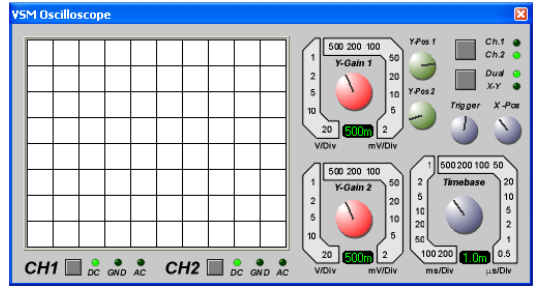
Paralel hartley osilatörü uygulaması yapınız.

Paralel hartley osilatör uygulama şeması

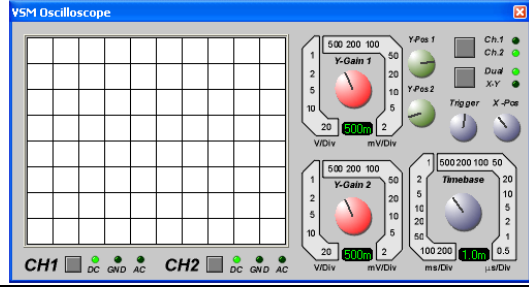


İşlem Basamakları	Öneriler									
<ul style="list-style-type: none">➤ Malzemelerin sağlamlık kontrolünü yaparak yukarıda verilen devreyi kurunuz.➤ Devreyi çalıştırarak çıkışa osilaskop bağlayınız.➤ Çıkış sinyalinin frekansını ve genliğini ölçünüz.➤ Ölçtüğünüz frekans ve hesaplanan frekans değerini tabloya kaydediniz.➤ $V_{çk}$ gerilimini osilaskopta gözleyiniz. Genlik (t-t) ve frekansını ölçüp, yanda verilen osilaskop şekli üzerine çiziniz➤ C_T kondasatörünü 4.7 nF ile değiştirerek genlik ve frekansını ölçüp tabloya not ediniz.➤ Çıkış dalga şekillerini osiloskop ekranına çiziniz	<ul style="list-style-type: none">➤ Dijital ve analog ölçü aleti kullanarak devre elemanlarının sağlamlık kontrolünü yapınız. Bread board üzerinde yukarıda verilmiş olan devreyi kurunuz.➤ DC 12 volt uygulayınız. Probu canlı uçlarını ve şase uçlarını doğru bağlayınız.➤ Dijital avometre, frekansmetre ve osilaskoptan yararlanarak ölçme işlemini gerçekleştiriniz.➤ Aşağıdaki resimde $C_T = 10nF$ için dalga şekli ekranı görülmektedir. <table border="1"><thead><tr><th>C_T</th><th>F ölçülen</th><th>F hesaplanan</th></tr></thead><tbody><tr><td>10nF</td><td></td><td></td></tr><tr><td>4,7nF</td><td></td><td></td></tr></tbody></table>	C_T	F ölçülen	F hesaplanan	10nF			4,7nF		
C_T	F ölçülen	F hesaplanan								
10nF										
4,7nF										

- C_c ve C_{GB} kondansatörünü yerinden çıkartınız. Çıkıştaki işareti gözlemleyiniz.



Aşağıdaki resimde $C_T = 4,7nF$ için dalga şekli ekranı görülmektedir.



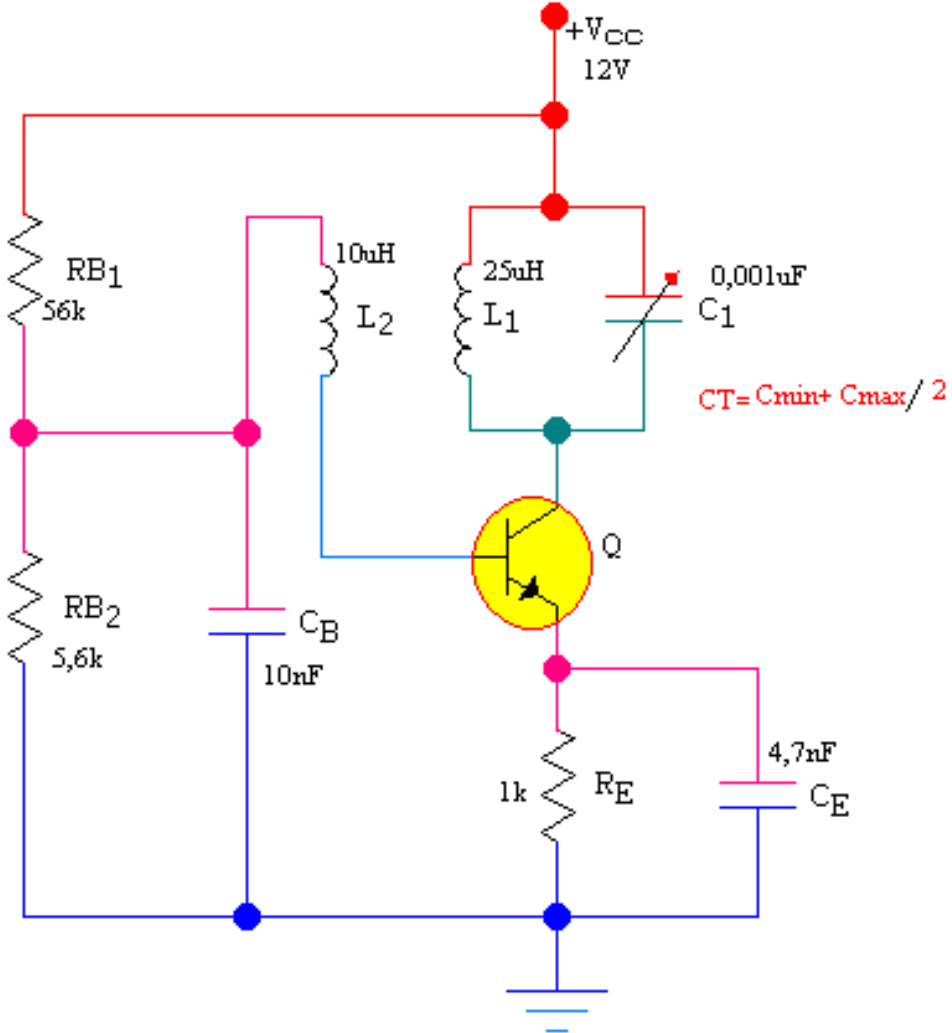
KONTROL LİSTESİ

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

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Gerekli malzemeleri temin ederek sağlamlık kontrollerini yaptınız mı?		
2. Devre şemasına uygun olarak devreyi kurdunuz mu?		
3. Devre çıkışını osilaskop yardımı ile gözlemlediniz mi?		
4. İşlem basamaklarında verilen değişiklikleri devreye uygulayarak sonuçlarını gözlemlediniz mi?		

UYGULAMA FAALİYETİ

Kolektör akortlu osilatör uygulaması yapınız.



İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none">➤ Malzemelerin sağlamlık kontrolünü yaparak devreyi kurunuz.➤ Devreyi çalıştırarak çıkışa osilaskop bağlayınız.➤ Çıkış sinyalinin frekansını ve genliğini ölçünüz.	<ul style="list-style-type: none">➤ Dijital ve analog ölçü aleti kullanarak devre elemanlarının sağlamlık kontrolünü yapınız. Bread board üzerinde yukarıda verilmiş olan devreyi kurunuz.➤ DC 12 volt uygulayınız. Prob'un canlı uçlarını ve şase uçlarını doğru bağlayınız.➤ Dijital avometre, frekansmetre ve

- Ölçtüğünüz frekansı ve hesaplanan frekans değerini tabloya kaydediniz.
- $V_{\text{çk}}$ gerilimini osilaskopta gözleyiniz. Genlik (t-t) ve frekansını ölçüp osilaskop şekli üzerine çiziniz.
- C_i kondasatörünü 4.7 nF değiştirerek genlik ve frekansını ölçüp tabloya not ediniz.
- Çıkış dalga şekillerini osiloskop ekranına çiziniz
- C_B kondasatörünü yerinden çıkartınız. Çıkıştaki işareti gözlemleyiniz.
- Devre frekansını aşağıdaki formüle göre hesaplayınız. Kondansatörü C_{min} ve C_{max} arasında değiştirerek maksimum genliğin C_T de olup olmadığını tespit ediniz.

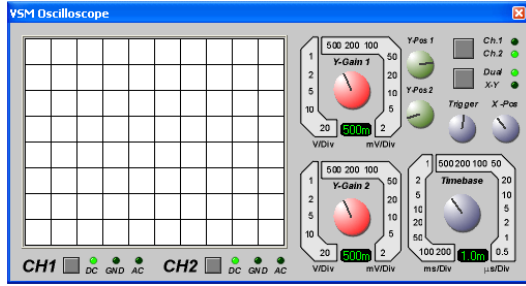
$$C_T = C_{\text{min}} + C_{\text{max}} / 2$$

$$F_R = 1 / 2\pi\sqrt{L_1 \cdot C_T}$$

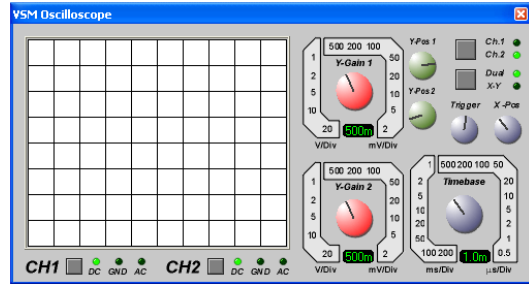
osilaskoptan yararlanarak ölçme işlemini gerçekleştiriniz.

Aşağıdaki resimde C_T için dalga şekli ekranı görülmektedir.

C_T	F ölçülen	F hesaplanan
10nF		
4,7nF		



Aşağıdaki resimde ise C_{min} ve C_{max} için dalga şekli ekranı görülmektedir.



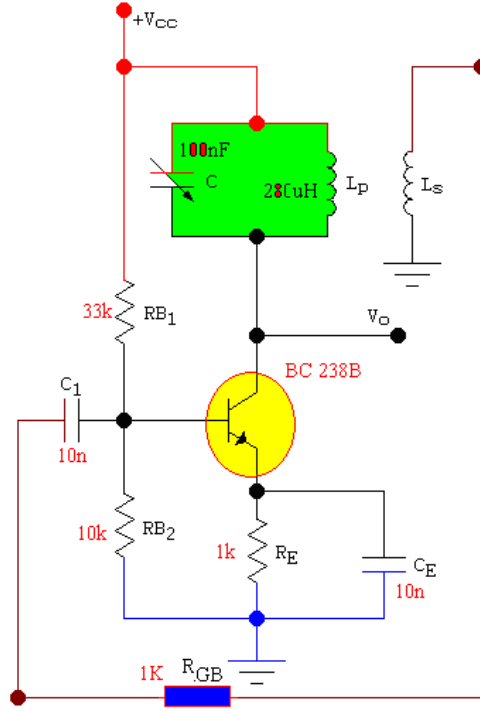
KONTROL LİSTESİ

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. Gerekli malzemeleri temin ederek sağlamlık kontrollerini yaptınız mı?		
2. Devre şemasına uygun olarak devreyi kurdunuz mu?		
3. Devre çıkışını osilaskop yardımı ile gözlemlediniz mi?		
4. İşlem basamaklarında verilen değişiklikleri devreye uygulayarak sonuçlarını gözlemlediniz mi?		

UYGULAMA FAALİYETİ

Tikler bobinli osilatör uygulaması yapınız.



İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none">➤ Malzemelerin sağlamlık kontrolünü yaparak verilen devreyi kurunuz.➤ Devreyi çalıştırarak çıkışa osilaskop bağlayınız.➤ Çıkış sinyalinin C_{max} frekansını ve genliğini ölçünüz.➤ Ölçtüğünüz frekansı ve hesaplanan frekans değerini tabloya kaydediniz.➤ $V_{çk}$ gerilimini osilaskopta gözleyiniz. Genlik (t-t) ve frekansını ölçüp yanda verilen osilaskop şekli üzerine çiziniz.	<ul style="list-style-type: none">➤ Dijital ve analog ölçü aleti kullanarak devre elemanlarının sağlamlık kontrolünü yapınız. Bread board üzerinde yukarıda verilmiş olan devreyi kurunuz.➤ DC 12 volt uygulayınız. Probuñ canlı uçlarını ve şase uçlarını doğru bağlayınız.➤ Dijital avometre, frekansmetre ve osilaskoptan yararlanarak ölçme işlemini gerçekleştiriniz.

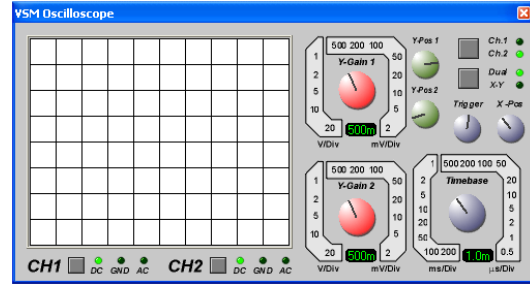
- C_T kondansatörünü C_{min} değiştirerek genlik ve frekansını ölçüp tabloya not ediniz.
- Çıkış dalga şekillerini osiloskop ekranına çiziniz
- $C_1(C_B)$ kondansatörünü yerinden çıkartınız. Çıkıştaki işareti gözlemleyiniz.

$$C_T = C_{min} + C_{max} / 2$$

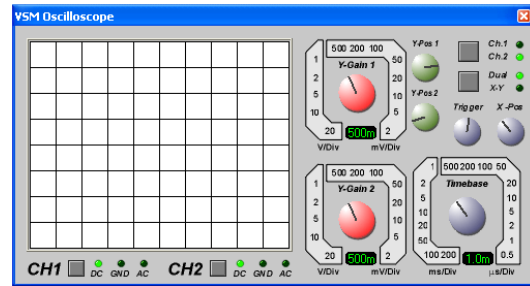
$$f = 1 / 2\pi\sqrt{L_p \cdot C_T}$$

Aşağıdaki resimde C_T için dalga şekli ekranı görülmektedir.

C	f ölçülen	f hesaplanan
C_T		
C_{min}		
C_{max}		



Aşağıdaki resimde ise C_{min} ve C_{max} için dalga şekli ekranı görülmektedir.



- Geri besleme kondansatörünün olmaması pozitif geri beslemeyi ortadan kaldırır.

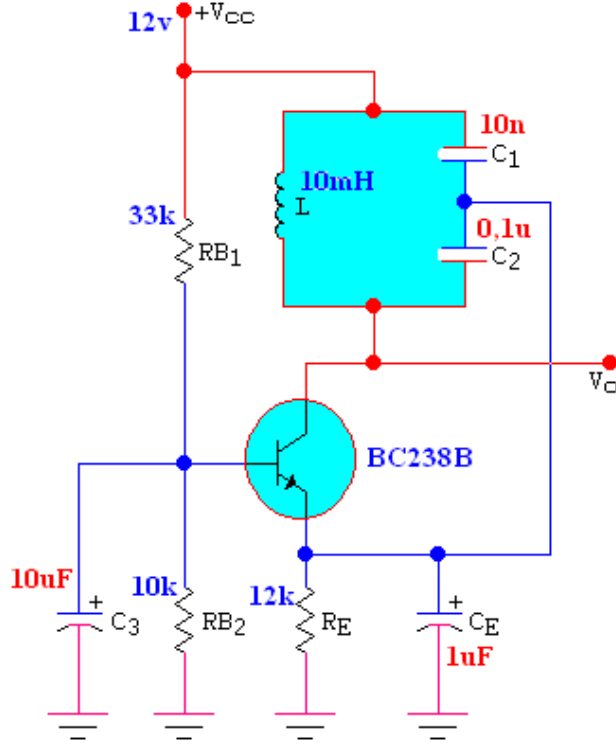
KONTROL LİSTESİ

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. Gerekli malzemeleri temin ederek sağlamlık kontrollerini yaptınız mı?		
2. Devre şemasına uygun olarak devreyi kurdunuz mu?		
3. Devre çıkışını osilaskop yardımı ile gözlemlediniz mi?		
4. İşlem basamaklarında verilen değişiklikleri devreye uygulayarak sonuçlarını gözlemlediniz mi?		

UYGULAMA FAALİYETİ

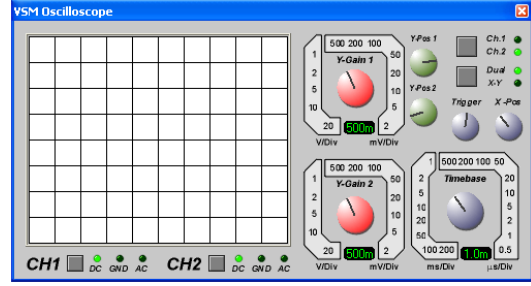
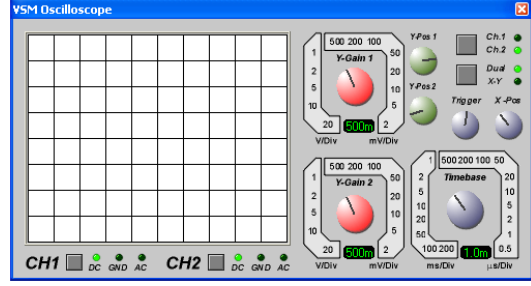
Kolpits osilatör uygulaması yapınız.



İşlem Basamakları	Öneriler									
<ul style="list-style-type: none">➤ Malzemelerin sağlamlık kontrolünü yaparak yukarıda verilen devreyi kurunuz.➤ Devreyi çalıştırarak çıkışa osilaskop bağlayınız.➤ Çıkış sinyalinin frekansını ve genliğini ölçünüz.➤ Ölçtüğünüz frekansı ve hesaplanan frekans değerini tabloya kaydediniz.➤ V_{ck} gerilimini osilaskopta gözleyiniz. Genlik (t-t) ve frekansını ölçüp yanda verilen osilaskop şekli üzerine çiziniz	<ul style="list-style-type: none">➤ Dijital ve analog ölçü aleti kullanarak devre elemanlarının sağlamlık kontrolünü yapınız. Bread board üzerinde yukarıda verilmiş olan devreyi kurunuz.➤ DC 12 volt uygulayınız. Probuun canlı uçlarını ve şase uçlarını doğru bağlayınız.➤ Dijital avometre, frekansmetre ve osilaskoptan yararlanarak ölçme işlemini gerçekleştiriniz. <table border="1"><thead><tr><th>C_2</th><th>f (ölçülen)</th><th>f (hesaplanan)</th></tr></thead><tbody><tr><td>10n</td><td></td><td></td></tr><tr><td>5n</td><td></td><td></td></tr></tbody></table>	C_2	f (ölçülen)	f (hesaplanan)	10n			5n		
C_2	f (ölçülen)	f (hesaplanan)								
10n										
5n										

- C_2 kondansatörünü 5 nF ile değiştirerek genlik ve frekansını ölçüp tabloya not ediniz.
- Çıkış dalga şekillerini yanda verilen osiloskop ekranına çiziniz.

Aşağıdaki resimde ise $C_2 = 10n$ için dalga şekli ekranı görülmektedir.



Yukarıdaki resimde ise $C_2 = 5n$ için dalga şekli ekranı görülmektedir.

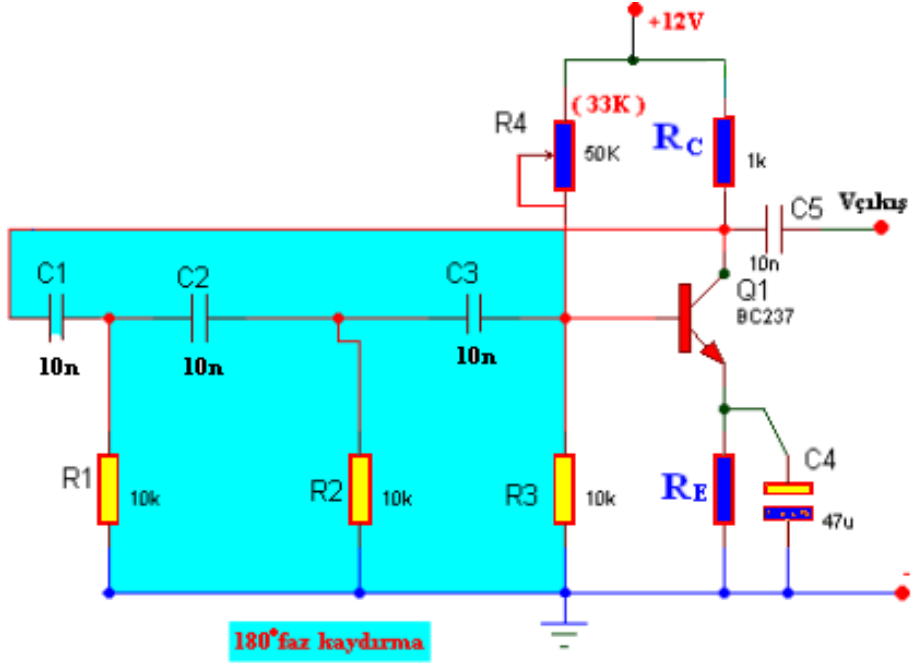
KONTROL LİSTESİ

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. Gerekli malzemeleri temin ederek sağlamlık kontrollerini yaptınız mı?		
2. Devre şemasına uygun olarak devreyi kurdunuz mu?		
3. Devre çıkışını osiloskop yardımı ile gözlemlediniz mi?		
4. İşlem basamaklarında verilen değişiklikleri devreye uygulayarak sonuçlarını gözlemlediniz mi?		

UYGULAMA FAALİYETİ

RC faz kaymalı osilatör uygulaması yapınız.

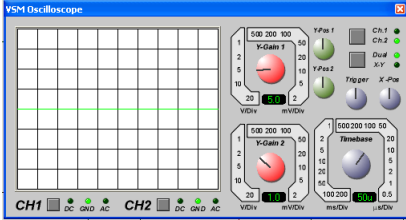


İşlem Basamakları	Öneriler																				
<ul style="list-style-type: none">➤ Malzemelerin sağlamlık kontrolünü yaparak uygulama devresini kurunuz.➤ Devreyi çalıştırarak çıkışa osilaskop bağlayınız.➤ Çıkış sinyalinin maksimum frekansını ve maksimum genliğini ölçünüz.➤ Ölçtüğünüz frekansı ve hesaplanan frekans değerini tabloya kaydediniz.➤ $V_{çk}$ gerilimini osilaskopta gözleyiniz. Genlik (t-t) ve frekansını ölçüp osilaskop şekli üzerine çiziniz.➤ Potansiyometreyi değiştirerek genlik ve frekansını maksimum yaparak	<ul style="list-style-type: none">➤ Dijital ve analog ölçü aleti kullanarak devre elemanlarının sağlamlık kontrolünü yapınız. Bread board üzerinde yukarıda verilmiş olan devreyi kurunuz.➤ DC 12 volt uygulayınız. Probu canlı uçlarını ve şase uçlarını doğru bağlayınız.➤ Dijital avometre, frekansmetre ve osilaskoptan yararlanarak ölçme işlemini gerçekleştiriniz.																				
	<table border="1"><thead><tr><th>R_C</th><th>R_E</th><th>V_C</th><th>f ölçülen</th><th>f hesaplanan</th></tr></thead><tbody><tr><td>10K</td><td>4K7</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>4K7</td><td>4K7</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>10K</td><td>2K2</td><td></td><td></td><td></td></tr></tbody></table>	R_C	R_E	V_C	f ölçülen	f hesaplanan	10K	4K7				4K7	4K7				10K	2K2			
R_C	R_E	V_C	f ölçülen	f hesaplanan																	
10K	4K7																				
4K7	4K7																				
10K	2K2																				

düzgün sinüsoidal şekilde olmasını sağlarız.

- Çıkış dalga şekillerini osiloskop ekranına çizin ve tabloya kaydediniz.
- Osiloskobun 1. kanalını beyze, 2. kanalını V_C ucuna bağlayınız.
- Giriş ve çıkış sinyallerini yanda verilen osiloskop şekli üzerine çizin. Çıkış frekansını ve genliğini ölçerek tabloya kaydediniz. Formüldeki değerleri yerine koyarak frekansı hesaplayınız, tabloya kaydediniz.
- $R_C = 4k7$ olarak değiştiriniz. Çıkış frekansını ve genliğini ölçerek tabloya kaydediniz. Çıkış ve giriş sinyallerini ekrana çizin.
- Devreyi ilk duruma getiriniz. $R_E = 2K2$ olarak değiştiriniz. Çıkış frekansını ve genliğini ölçerek tabloya kaydediniz.
- R_1 direncine dışarıdan 10 K'lık bir direnci paralel bağlayarak devre frekansının arttığını gözleyiniz.

➤ Aşağıdaki resimde RC faz kaymalı devrenin sinyal ekranı görülmektedir.



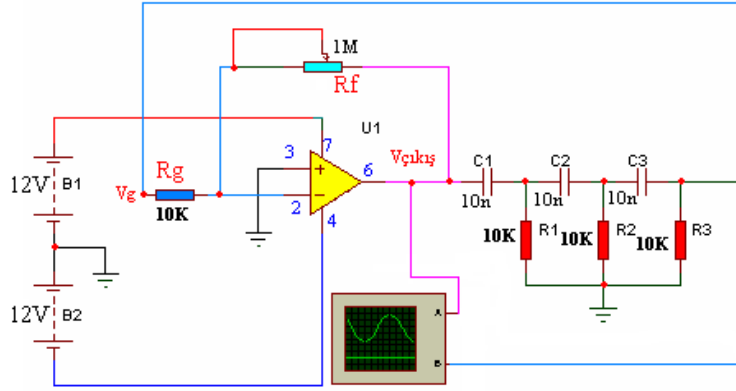
KONTROL LİSTESİ

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. Gerekli malzemeleri temin ederek sağlamlık kontrollerini yaptınız mı?		
2. Devre şemasına uygun olarak devreyi kurdunuz mu?		
3. Devre çıkışını osiloskop yardımı ile gözlemlediniz mi?		
4. İşlem basamaklarında verilen değişiklikleri devreye uygulayarak sonuçlarını gözlemlediniz mi?		

UYGULAMA FAALİYETİ

OP-AMP'lı RC faz kaymalı osilatör uygulaması yapınız.



İşlem Basamakları

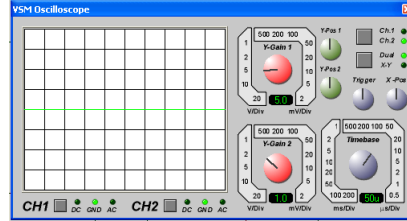
- Malzemelerin sağlamlık kontrolünü yaparak uygulama devresini kurunuz
- Devreyi çalıştırarak çıkışa osilaskop bağlayınız.
- Çıkış sinyalinin maksimum frekansını ve maksimum genliğini ölçünüz.
- Ölçtüğünüz frekansı ve hesaplanan frekans değerini tabloya kaydediniz.
- $V_{çk}$ gerilimini osilaskopta gözleyiniz. Genlik (t-t) ve frekansını ölçüp osilaskop şekli üzerine çiziniz.
- Potansiyometreyi değiştirerek genlik ve frekansını maksimum yaparak düzgün sinüsoidal şekilde olmasını sağlayınız.
- Çıkış dalga şekillerini osilaskop ekranına çiziniz ve tabloya kaydediniz.
- $R_1 = R_2 = R_3 = 5 \text{ K}6$ olarak değiştiriniz. Çıkış frekansını ve genliğini ölçerek tabloya kaydediniz. Frekansı hesaplayıp tabloya kaydediniz
- Devreyi ilk durumuna getiriniz. $C_1 = C_2 = C_3 = 15 \text{ nF}$ 'lık kondansatörlerle değiştiriniz. Çıkış frekansını ve genliğini ölçünüz, frekansı hesaplayıp tabloya kaydediniz.

Öneriler

- Dijital ve analog ölçü aleti kullanarak devre elemanlarının sağlamlık kontrolünü yapınız. Bread board üzerinde yukarıda verilmiş olan devreyi kurunuz.
- DC 12 volt uygulayınız. Probu canlı uçlarını ve şase uçlarını doğru bağlayınız.
- Dijital avometre, frekansmetre ve osilaskoptan yararlanarak ölçme işlemini gerçekleştiriniz.

R	C	$V_{ç}$	f ölçülen	f hesaplanan
10K	10nF			
5K6	10nF			
10K	15nF			

Aşağıdaki resimde OP-AMP'lı RC faz kaymalı osilatör sinyali görülmektedir.



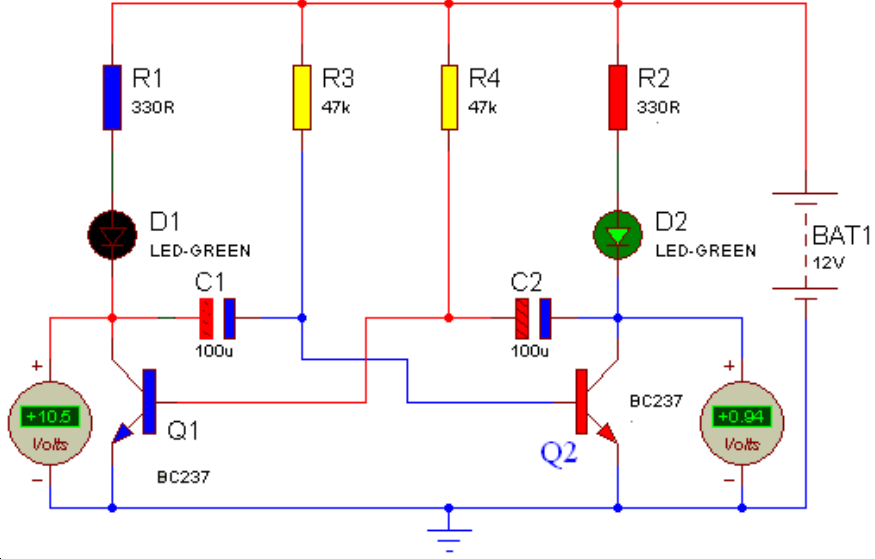
KONTROL LİSTESİ

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

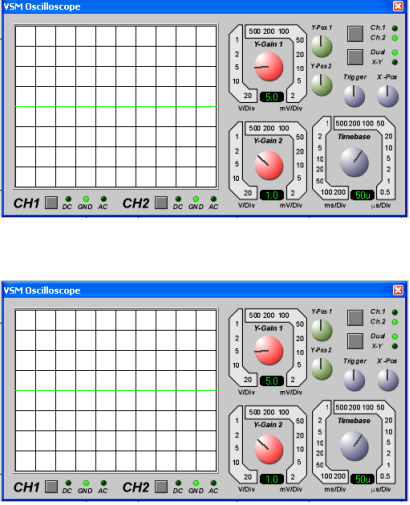
Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Gerekli malzemeleri temin ederek sağlamlık kontrollerini yaptınız mı?		
2. Devre şemasına uygun olarak devreyi kurdunuz mu?		
3. Devre çıkışını osilaskop yardımı ile gözlemlediniz mi?		
4. İşlem basamaklarında verilen değişiklikleri devreye uygulayarak sonuçlarını gözlemlediniz mi?		

UYGULAMA FAALİYETİ

Karasız multivibratör uygulaması yapınız.



İşlem Basamakları	Öneriler																														
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Malzemelerin sağlamlık kontrolünü yaparak uygulama şemasında verilen devreyi kurunuz. ➤ Devreyi çalıştırarak çıkışa osiloskop bağlayınız. ➤ Çıkış sinyalinin maksimum frekansını ve maksimum genliğini ölçünüz. ➤ Ölçtüğünüz frekansı ve hesaplanan frekans değerini tabloya kaydediniz. ➤ $V_{çk}$ gerilimini osiloskopta gözleyiniz. Genlik (t-t) ve frekansını ölçüp osiloskop şekli üzerine çiziniz. ➤ Tabloya uygun olarak R_1 ve R_2 dirençleri ile C_1 ve C_2 kondansatörlerini istenilen değerlerde bağlayınız. Sadece durumu gözleyerek yorumunuzu belirtiniz. Yorumunuz “Led₁ daha uzun süre yanıyor.”, “Led₂ daha kısa süre yanıyor.” ya da “Her iki led eşit aralıklarla yanıp sönüyor.” şeklinde kısa olmalıdır. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Dijital ve analog ölçü aleti kullanarak devre elemanlarının sağlamlık kontrolünü yapınız. Bread board üzerinde yukarıda verilmiş olan devreyi kurunuz. ➤ DC 12 volt uygulayınız. Probon canlı uçlarını ve şase uçlarını doğru bağlayınız. ➤ Dijital avometre, frekansmetre ve osiloskoptan yararlanarak ölçme işlemini gerçekleştiriniz. 																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>R3</th> <th>R4</th> <th>C1</th> <th>C2</th> <th>Gözlem sonucuna ait yorumları yazınız.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>47 K</td> <td>47 K</td> <td>100 u</td> <td>100 u</td> <td></td> </tr> <tr> <td>47 K</td> <td>47 K</td> <td>100u</td> <td>1000 u</td> <td></td> </tr> <tr> <td>47 K</td> <td>47 K</td> <td>1000 u</td> <td>1000 u</td> <td></td> </tr> <tr> <td>10K</td> <td>1 K</td> <td>1000 u</td> <td>1000 u</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1 K</td> <td>1 K</td> <td>1000 u</td> <td>1000 u</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	R3	R4	C1	C2	Gözlem sonucuna ait yorumları yazınız.	47 K	47 K	100 u	100 u		47 K	47 K	100u	1000 u		47 K	47 K	1000 u	1000 u		10K	1 K	1000 u	1000 u		1 K	1 K	1000 u	1000 u	
R3	R4	C1	C2	Gözlem sonucuna ait yorumları yazınız.																											
47 K	47 K	100 u	100 u																												
47 K	47 K	100u	1000 u																												
47 K	47 K	1000 u	1000 u																												
10K	1 K	1000 u	1000 u																												
1 K	1 K	1000 u	1000 u																												

<p>➤ Devre üzerindeki yazılı eleman değerlerine göre her iki ledin toplam yanık kaldığı süre T'yi ölçünüz. Ölçtüğünüz ve formülle hesapladığımız T'yi ayrılan yerlerine kaydediniz.</p> <p>➤ C değerlerini sırasıyla 1n, 10n, 100n, 1pF değerlerinde değiştiriniz. Devrenizin çıkışlarına osilaskop bağlayarak çıkış dalga şekillerini ölçekli olarak çiziniz. Frekansını hesaplayınız.</p>					
Formül	R	C	Hesaplanan Süre	Ölçülen Süre	Çıkış Frekansı $f=1/T$
$T=1,4 R.C$	10 K	1000u			

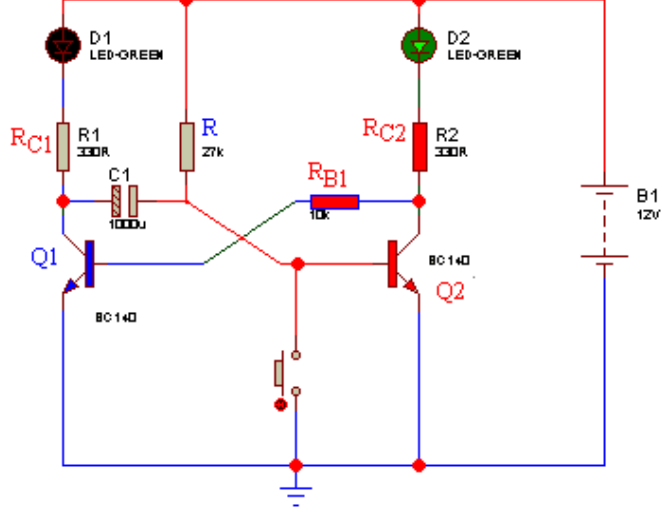
KONTROL LİSTESİ

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. Gerekli malzemeleri temin ederek sağlamlık kontrollerini yaptınız mı?		
2. Devre şemasına uygun olarak devreyi kurdunuz mu?		
3. Devre çıkışını osilaskop yardımı ile gözlemlediniz mi?		
4. İşlem basamaklarında verilen değişiklikleri devreye uygulayarak sonuçlarını gözlemlediniz mi?		

UYGULAMA FAALİYETİ

Monostable multivibratör uygulaması yapınız.



İşlem Basamakları		Öneriler		
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Malzemelerin sağlamlık kontrolünü yaparak uygulama şemasında verilen devreyi kurunuz. ➤ Normalde hangi ledin yandığını gözleyiniz. ➤ Butona basılı iken hangi led yandı? Butonu bıraktıktan bir süre sonra hangi led yandı? Gözleyerek Tablo-1'e kaydediniz. ➤ R ve C elamanlarını Tablo-2'deki gibi değiştirerek her defasında süreyi ölçüp kaydediniz. ➤ $T=0,7.R.C$ formülünden yanıp sönmeye süresi bulunur. 		<ul style="list-style-type: none"> ➤ Dijital ve analog ölçü aleti kullanarak devre elemanlarının sağlamlık kontrolünü yapınız. Bread board üzerinde yukarıda verilmiş olan devreyi kurunuz. ➤ DC 12 volt uygulayınız. Probu canlı uçlarını ve şase uçlarını doğru bağlayınız. ➤ Dijital avometre ve frekansmetreden yararlanarak ölçme işlemini gerçekleştiriniz. 		
		R	C	SÜRE
		100K	100u	
		100K	1000u	
	470	1000u		
	L_1 (Yanık-Sönük)	L_2 (Yanık-Sönük)	Q1 (İletim-Kesim)	Q2 (İletim-Kesim)
Butuna basılı durumda				
Buton bıraktıktan bir süre sonra				

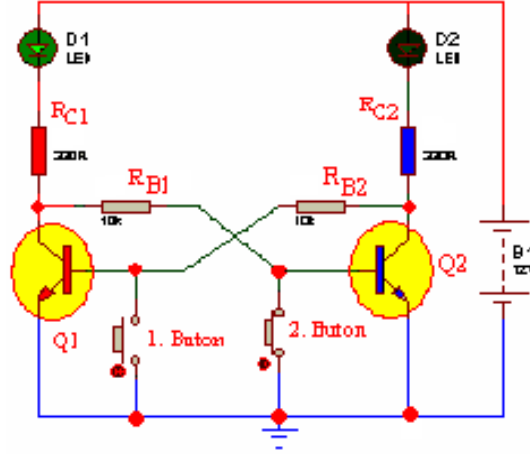
KONTROL LİSTESİ

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. Gerekli malzemeleri temin ederek sağlamlık kontrollerini yaptınız mı?		
2. Devre şemasına uygun olarak devreyi kurdunuz mu?		
3. Devre çıkışını osilaskop yardımı ile gözlemlediniz mi?		
4. İşlem basamaklarında verilen değişiklikleri devreye uygulayarak sonuçlarını gözlemlediniz mi?		

UYGULAMA FAALİYETİ

Bistable devre şeması uygulaması yapınız.



İşlem Basamakları			Öneriler								
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Malzemelerin sağlamlık kontrolünü yaparak uygulama şemasında verilen devreyi kurunuz. ➤ Devreyi kurarak enerji uygulayınız. ➤ Birinci butona basarak hangi ledin yandığını gözleyiniz. Transistör bacaklarındaki gerilimleri şaseye göre ölçerek tabloya kaydediniz. ➤ İkinci butona basarak hangi ledin yandığını gözleyiniz. Transistör bacaklarındaki gerilimleri şaseye göre ölçerek tabloya kaydediniz. ➤ Tabloda boş bırakılan alanları duruma uygun şekilde doldurunuz. 			<ul style="list-style-type: none"> ➤ Dijital ve analog ölçü aleti kullanarak devre elemanlarının sağlamlık kontrolünü yapınız. Bread board üzerinde yukarıda verilmiş olan devreyi kurunuz. ➤ DC 12 volt uygulayınız. Probuñ canlı uçlarını ve şase uçlarını doğru bağlayınız. ➤ Dijital avometre ve frekansmetreden yararlanarak ölçme işlemini gerçekleştiriniz. 								
Basılan Buton	L ₁ (yanık-sönük)	L ₂ (yanık-sönük)	Q ₁				Q ₂				
			B	C	E	Durum (iletim-kesim)	B	C	E	Durum (iletim-kesim)	
1. Buton											
2. Buton											

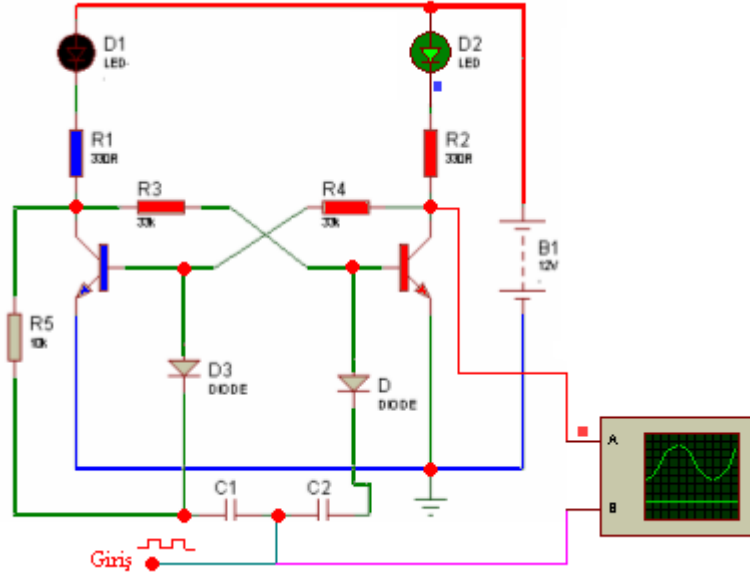
KONTROL LİSTESİ

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. Gerekli malzemeleri temin ederek sağlamlık kontrollerini yaptınız mı?		
2. Devre şemasına uygun olarak devreyi kurdunuz mu?		
3. Devre çıkışını osilaskop yardımı ile gözlemlediniz mi?		
4. İşlem basamaklarında verilen değişiklikleri devreye uygulayarak sonuçlarını gözlemlediniz mi?		

UYGULAMA FAALİYETİ

Biastable multivibratörün frekans bölme özelliğini inceleyiniz.



İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none">➤ Malzemelerin sağlamlık kontrolünü yaparak uygulama şemasında verilen devreyi kurunuz.➤ Devreyi kurarak enerji uygulayınız.➤ Şekildeki devre girişine uygulanan kare dalga'nın gerilimini $V_{gr} = 2V$ (t-t) ve frekansını 200 Hz civarına getiriniz.➤ Osilaskobun her iki kanalını da giriş ve çıkışlara bağlayınız.➤ Osilaskobun A kanalına giriş işaretini B kanalına da Q1 veya Q2 nin kolektöründeki çıkış gerilimini uygulayınız.➤ Giriş ve çıkış gerilim şekillerini osilaskop ekranında beraber gözleyiniz.➤ Sinyal şeklini yandaki osilaskop ekranına çiziniz.	<ul style="list-style-type: none">➤ Dijital ve analog ölçü aleti kullanarak devre elemanlarının sağlamlık kontrolünü yapınız. Bread board üzerinde yukarıda verilmiş olan devreyi kurunuz.➤ DC 12 volt uygulayınız. Probu'n canlı uçlarını ve şase uçlarını doğru bağlayınız.➤ Dijital avometre, frekansmetre ve osilaskoptan yararlanarak ölçme işlemini gerçekleştiriniz.

KONTROL LİSTESİ

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

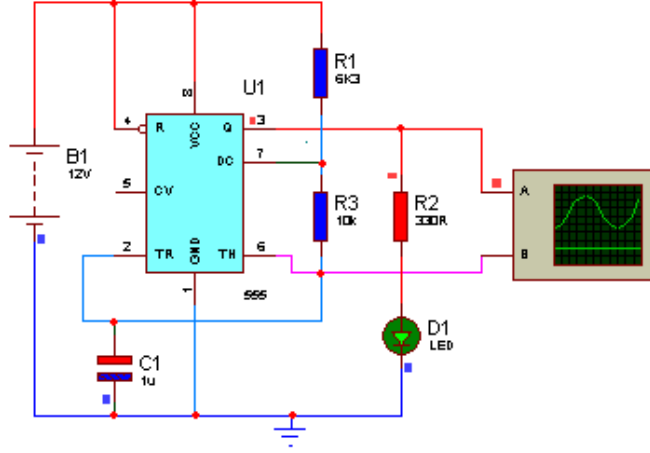
Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Gerekli malzemeleri temin ederek sağlamlık kontrollerini yaptınız mı?		
2. Devre şemasına uygun olarak devreyi kurdunuz mu?		
3. Devre çıkışını osilaskop yardımı ile gözlemlediniz mi?		
4. İşlem basamaklarında verilen değişiklikleri devreye uygulayarak sonuçlarını gözlemlediniz mi?		

UYGULAMA FAALİYETİ

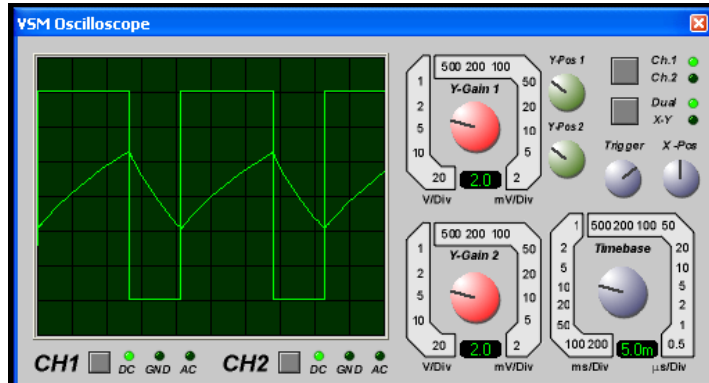
555 Entegreli kare dalga osilatör devresini inceleyiniz.

Flip – floplarda girişe göre çıkış alabilmek için kullanılan tetikleme pulsine “clock pulsü (CK)” denir. Clock pulsü olarak kullanılmak üzere kare dalda üreten herhangi bir devre çıkışı kullanılabilir. Böyle bir devre 555 entegresi ile pratik olarak yapılabilir.

Aşağıdaki devrede çıkış frekansı $f = \frac{1,44}{(R_A + 2R_B).C}$ formülü ile hesaplanır.



555 entegreli kare dalga osilatörünün çıkış dalga şekilleri aşağıdaki gibidir.



İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Malzemelerin sağlamlık kontrolünü yaparak uygulama şemasında verilen devreyi kurunuz. ➤ Devreye enerji uygulayınız. ➤ Potun değerini 470 K yapınız. ➤ Devreye enerji uygulayarak çalıştırınız. ➤ Çıkış frekansını ölçerek tabloya kaydeniz. Dalga şekillerini çiziniz. ➤ Potu ayarlayarak çıkış frekansının değiştiğini ledin yavaş veya hızlı yanıp sönmelerini gözlemleyiniz. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Dijital ve analog ölçü aleti kullanarak devre elemanlarının sağlamlık kontrolünü yapınız. Bread board üzerinde yukarıda verilmiş olan devreyi kurunuz. ➤ DC 12 volt uygulayınız. Probun canlı uçlarını ve şase uçlarını doğru bağlayınız. ➤ Dijital avometre, frekansmetre ve osilaskoptan yararlanarak ölçme işlemini gerçekleştiriniz.
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Hesaplanan frekans değerini yazınız. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Ölçülen frekans değerini yazınız.

KONTROL LİSTESİ

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. Gerekli malzemeleri temin ederek sağlamlık kontrollerini yaptınız mı?		
2. Devre şemasına uygun olarak devreyi kurdunuz mu?		
3. Devre çıkışını osilaskop yardımı ile gözlemlediniz mi?		
4. İşlem basamaklarında verilen değişiklikleri devreye uygulayarak sonuçlarını gözlemlediniz 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 cümlelerin başında boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise D, yanlış ise Y yazınız.

1. () Kristal, istenilen frekansta sabit çıkışlı osilatör yapımında kullanılır.
2. () Hartley osilatör R-C elemanlarıyla yapılır.
3. () Osilatör, çıkıştaki sinyali 180° faz farkıyla girişe uygulanırsa sinyal üretir.
4. () Hartley osilatörde geri besleme sinyali bobin sargısının $1/3$ 'lük kısmından elde edilir.
5. () Kolektörü akortlu osilatör devresinde transformatör üzerinden geri besleme sinyali sağlanır.
6. () Collpits osilatörlerde geri besleme kondansatörler üzerinden sağlanır.
7. () Tikler bobinli osilatör devresinde kristal kullanılır.
8. () Collpits osilatör devresinde sinyal elde edebilmek için C_2/C_1 oranı bir (1) olmalıdır.
9. () R-C faz kaymalı osilatör devresi ses frekans sınırları içinde sinyal üretir.
10. () Osilatör devrelerinde frekans ayarı, tank devresi elemanlarının değeri değiştirilerek yapılır.

DEĞERLENDİRME

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

MODÜL DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Transistör girişine AC bir sinyal uygulandığında bu sinyal transistörün çıkışında bozulmadan yükseltilmesini sağlamak için transistöre uygulanan sabit DC ön gerilime ne ad verilir?
A) Beyz polarması
B) Emiter polarması
C) Kolektör polarması
D) Sabit polarma
2. Giriş gerilimi değiştiğinde beyz polarması da değişen polarma tipine ne ad verilir?
A) Kolektör beyz polarması
B) Sabit polarma
C) Birleşik polarma
D) A sınıfı yükselteç
3. Beyzine gerilim bölücü dirençlerle beyz polarması sağlanan polarma tipi hangisidir?
A) Sabit polarma
B) Kolektör beyz polarması
C) Birleşik polarma (otomatik)
D) Emiter şase yükselteç
4. Emiteri şase yükselteçlerde giriş çıkış arasında kaç derece faz farkı vardır?
A) 90°
B) 180°
C) 0°
D) Hiçbiri
5. Beyzi şase yükselteçler, yüksek frekanstaki veriminden dolayı aşağıdakilerden hangisinde kullanılır?
A) Ses yükseltmede
B) Vericilerde
C) Amplifikatörlerde
D) Radyo ve TV alıcılarda
6. Kolektörü şase yükselteçlerin en büyük özelliği nedir?
A) Akım kazancı küçük olması
B) Empedans uygunluğu
C) Akım kazancı büyük olması
D) Faz tersleme yapar

7. A sınıfı yükselteçlerin kullanıldığı yerler nerelerdir?
A) Sürücü devrelerde
B) Simetrik çıkışlarda
C) Preamplifikatörlerde
D) Çıkış güç katında
8. B sınıfı yükselteçlerin kullanıldığı yerler nerelerdir?
A) Preamplifikatörlerde
B) Sürücü devrelerde
C) Simetrik güç çıkışlarda
D) Vericilerde
9. C sınıfı yükselteçlerin kullanıldığı yerler nerelerdir?
A) Vericilerde
B) Preamplifikatörlerde
C) Sürücü katlarında
D) Simetrik çıkış katında
10. Push-pull yükselteç devrelerde geçiş distorsiyonunu önlemek için hangi sınıf çalıştırma yapmak gerekir?
A) A sınıfı yükselteç
B) B sınıfı yükselteç
C) AB sınıfı yükselteç
D) C sınıfı yükselteç
11. Simetrik yükselteçlerde kullanılan transistör nasıl olmalıdır?
A) Küçük olmalıdır.
B) 1000 uF olmalıdır.
C) Çok büyük olmalıdır.
D) Eşlenik olmalıdır.
12. Darlington bağlı transistör en çok aşağıdakilerden hangisi için kullanılır?
A) Akım kazancı
B) Gerilim kazancı
C) Akım ve gerilim kazancı
D) Hiçbiri
13. Çıkışından sabit frekansta AC gerilim üreten elektronik devrelere ne ad verilir?
A) Kristal osilatör
B) Hartley osilatör
C) Kolpits osilatör
D) Multivibratör

14. Tank devresindeki bobinin 1/3 sargısından geri besleme olarak kullanılan osilatörlere ne ad verilir?
A) Kolpits osilatör
B) Hartley osilatör
C) Kristal osilatör
D) Multivibratör
15. Tank devresindeki kondansatörleri geri besleme olarak kullanılan osilatöre ne ad verilir?
A) Multivibratör
B) Kristal osilatör
C) Hartley osilatör
D) Kolpits osilatör
16. Faz kaymalı osilatör devrelerine ne ad verilir?
A) Hartley osilatör
B) Kristal osilatör
C) RC osilatör
D) Kolpits osilatör
17. Çıkışı girişine pozitif yönde bağlı kare dalga üreten osilatöre ne ad verilir?
A) Hartley osilatör
B) Astable multivibratör
C) Monostable multivibratör
D) Biastable multivibratör
18. Konumunu bir kez tetiklendiğinde değiştirip sonra eski konumuna dönen multivibratör devresine ne ad verilir?
A) Kolpits osilatör
B) Biastable multivibratör
C) Monostable multivibratör
D) Astable multivibratör
19. Hafıza entegrelerinin temeli olan multivibratör devresine ne ad verilir?
A) Astable multivibratör
B) Biastable multivibratör
C) Monostable multivibratör
D) Paralel hartley osilatör
20. Multivibratör devrelerinde RC elemanlarının kare dalga sinyali aşağıdakilerden hangisini belirler?
A) Genliğini
B) Frekansını
C) Fazını
D) Açısını

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 modüle geçmek için öğretmeninize başvurunuz.

CEVAP ANAHTARLARI

ÖĞRENME FAALİYETİ - 1'İN CEVAP ANAHTARI

1	Doğru
2	Doğru
3	Yanlış
4	Yanlış
5	Doğru
6	Yanlış
7	Yanlış
8	Yanlış
9	Doğru
10	Doğru
11	Doğru
12	Yanlış
13	Yanlış
14	Doğru
15	Doğru
16	Doğru
17	Yanlış
18	Yanlış
19	Yanlış
20	Doğru

ÖĞRENME FAALİYETİ - 2'NİN CEVAP ANAHTARI

1	Doğru
2	Yanlış
3	Doğru
4	Doğru
5	Doğru
6	Doğru
7	Yanlış
8	Yanlış
9	Doğru
10	Doğru

MODÜL DEĞERLENDİRMENİN CEVAP ANAHTARI

1	D
2	A
3	C
4	B
5	D
6	B
7	C
8	C
9	A
10	C
11	D
12	A
13	A
14	B
15	D
16	C
17	B
18	C
19	B
20	B

KAYNAKÇA

- BOYLESTAD Robert, **Elektronik Elemanlar ve Devre Teorisi**, MEB, Ankara, 1994.
- BEREKET Metin, Engin TEKİN, **Bilgisayar (Donanım) X. Sınıf İş ve İşlem Yaprakları**, MEB, Ankara, 2005.
- YAĞIMLI Mustafa, Feyyaz AKAR, **Bilgisayar Destekli Elektronik**, Yüce Yayınları, İstanbul, 2000.