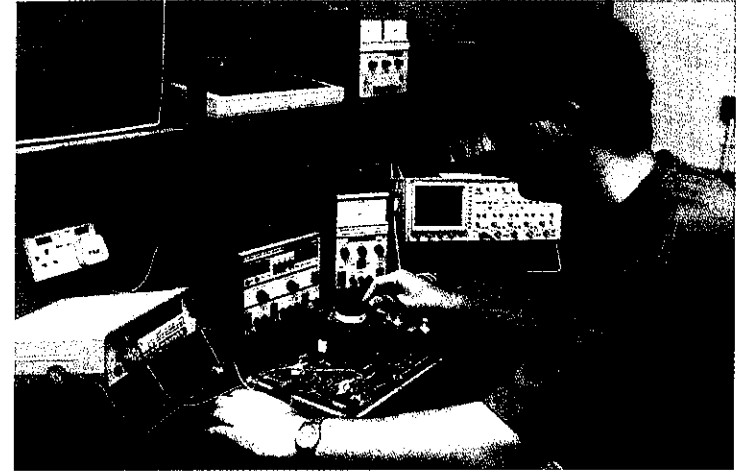


MESLEKÎ ve TEKNİK ÖĞRETİM  
OKULLARI

# TEMEL ELEKTRONİK



MESLEKÎ ve TEKNİK  
ÖĞRETİM OKULLARI

TEMEL ELEKTRONİK

ISBN 975-11-2215-5



9 789751 122155

SATIŞ FİYATI (KDV DAHİL)  
2.250.000 LİRA



11

3696

808

MESLEKİ VE TEKNİK ÖĞRETİM OKULLARI

# TEMEL ELEKTRONİK

TEMEL DERS KİTABI

ANADOLU TEKNİK LİSELERİ VE ENDÜSTRİ MESLEK LİSELERİNİN

- BİLGİSAYAR,
- ELEKTRİK,
- ELEKTRONİK,
- ENDÜSTRİYEL ELEKTRONİK,
- KONTROL VE ENSTRÜMANTASYON TEKNOLOJİSİ,
- TELEKOMÜNİKASYON,
- TIP ELEKTRONİĞİ,
- ELEKTROMEKANİK TAŞIYICILAR.

BÖLÜMLERİ İÇİN

*FERİT  
BALTAÇI  
0711-02*

## YAZANLAR

H. Refik PEYNİRCİ

Hikmet ÖZATA



DEVLET KİTAPLARI

BİRİNCİ BASKI

Millî Eğitim Basımevi — İstanbul, 2002

MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI YAYINLARI ..... : 3696  
DERS KİTAPLARI DİZİSİ ..... : 808

02.34.Y.0002.2125

Her hakkı saklıdır ve Millî Eğitim Bakanlığına aittir. Kitabın metin, soru ve şekilleri kısmen de olsa hiçbir surette alınıp yayınlanamaz.

ISBN 975-11-2215-5

Millî Eğitim Bakanlığı Talim ve Terbiye Kurulu'nun 26.03.2002 tarih ve 28 sayılı kararı ile okutulma süresi bir yıl uzatılmış olup, Yayınlar Dairesi Başkanlığı'nın 19.04.2002 tarih ve 2998 sayılı onayı ile birinci defa 50.000 adet basılmıştır.



## İSTİKLÂL MARŞI

Korkma, sönmez bu şafaklarda yüzen al sancak;  
Sönmeden yurdumun üstünde tüten en son ocak.  
O benim milletimin yıldızıdır, parlayacak;  
O benimdir, o benim milletimindir ancak.

Çatma, kurban olayım, çehreni ey nazlı hilâl!  
Kahraman ırkıma bir gül! Ne bu şiddet, bu celâl!  
Sana olmaz dökülen kanlarımız sonra helâl...  
Hakkıdır, Hakk'a tapan, milletimin istiklâl!

Ben ezelden beridir hür yaşadım, hür yaşarım.  
Hangi çılgın bana zincir vuracakmış? Şaşarım!  
Kükremiş sel gibiyim, bendimi çiğner, aşarım.  
Yurtumun dağları, enginlere sığmam, taşarım.

Garbın âfâkını sarmışsa çelik zırhlı duvar,  
Benim iman dolu göğsüm gibi serhaddim var.  
Ulusun, korkma! Nasıl böyle bir imanı boğar,  
"Medeniyet!" dediğin tek dişi kalmış canavar?

Arkadaş! Yurduma alçakları uğratma, sakın.  
Siper et gövdeni, dursun bu hayâsızca akın.  
Doğacaktır sana va'dettiği günler Hakk'ın...  
Kim bilir, belki yarın, belki yarından da yakın.

Bastığın yerleri "toprak!" diyerek geçme, tanı :  
Düşün altındaki binlerce kefensiz yatanı.  
Sen şehit oğlusun, incitme, yazıktır, atanı :  
Verme, dünyaları alsan da, bu cennet vatanı.

Kim bu cennet vatanın uğruna olmaz ki fedâ?  
Şühedâ fişkıracak toprağı sıksan, şühedâ!  
Cânı, cânânı, bütün varımı alsın da Huda,  
Etmesin tek vatanımdan beni dünyada cüdâ.

Ruhumun senden, İlahi, şudur ancak emeli :  
Değmesin mabedimin göğsüne nâmahrem eli.  
Bu ezanlar-ki şahâdetleri dinin temeli-  
Ebedî yurdumun üstünde benim inlemeli.

O zaman vevd ile bin secede eder-varsa-taşım,  
Her cerihamdan, İlahi, boşanıp kanlı yaşım,  
Fişkırcı ruh-ı mücerred gibi yerden nâ'sım;  
O zaman yükselerek arşa değer belki başım.

Dalgalar sen de şafaklar gibi ey şanlı hilâl!  
Olsun artık dökülen kanlarımın hepsi helâl.  
Ebediyen sana yok, ırkıma yok izmihlâl:  
Hakkıdır, hür yaşamış, bayrağımın hürriyet;  
Hakkıdır, Hakk'a tapan, milletimin istiklâl!

Mehmet Âkif ERSOY

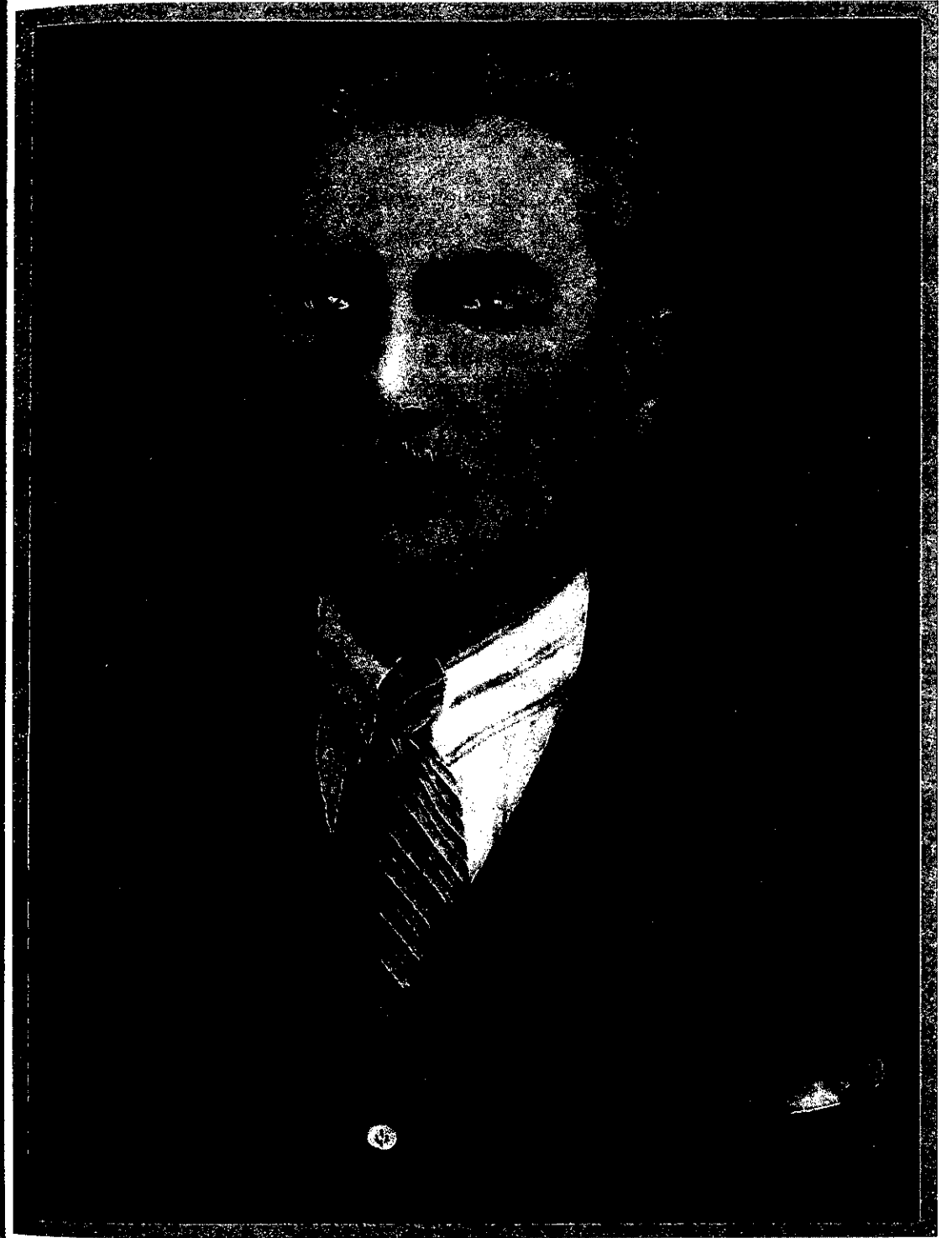
## ATATÜRK'ÜN GENÇLİĞE HİTABESİ

Ey Türk gençliği! Birinci vazifen, Türk istiklâlini, Türk cumhuriyetini, ilelebet, muhafaza ve müdafaa etmektir.

Mevcudiyetinin ve istikbalinin yegâne temeli budur. Bu temel, senin, en kıymetli hazinendir. İstikbalde dahi, seni, bu hazineden, mahrum etmek isteyecek, dâhilî ve haricî, bedhahların olacaktır. Bir gün, istiklâl ve cumhuriyeti müdafaa mecburiyetine düşersen, vazifeye atılmak için, içinde bulunacağın vaziyetin imkân ve şeraitini düşünmeyeceksin! Bu imkân ve şerait, çok nâmûsait bir mahiyette tezahür edebilir. İstiklâl ve cumhuriyetine kastedecek düşmanlar, bütün dünyada emsali görülmemiş bir galibiyetin mümessili olabilirler. Cebren ve hile ile aziz vatanın, bütün kaleleri zapt edilmiş, bütün tersanelerine girilmiş, bütün orduları dağıtılmış ve memleketin her köşesi bilfiil işgal edilmiş olabilir. Bütün bu şeraitten daha elîm ve daha vahim olmak üzere, memleketin dahilinde, iktidara sahip olanlar gaflet ve dalâlet ve hattâ hıyanet içinde bulunabilirler. Hattâ bu iktidar sahipleri şahsî menfaatlerini, müstevlilerin siyasî emelleriyle tevhit edebilirler. Millet, fakr u zaruret içinde harap ve bîtap düşmüş olabilir.

Ey Türk istikbalinin evlâdı! İşte, bu ahval ve şerait içinde dahi, vazifen; Türk istiklâl ve cumhuriyetini kurtarmaktır! Muhtaç olduğun kudret, damarlarındaki asil kanda, mevcuttur!

*H. Atatürk*



## ÖN SÖZ

Son yıllarda **Bilgisayar, Elektrik, Elektronik, Endüstriyel Elektronik, Kontrol ve Enstrümantasyon Teknolojisi, Telekomünikasyon, Tıp Elektroniği ve Elektromekanik Taşıyıcılar** bölümlerinde elektronik konuları çağımızın gereği olarak karşımıza çıkmaktadır.

Piyasada bulunan elektronik yayınlar, teori ağırlıklı ve öğrencilerimiz için çoğu zaman ağır olmaktadır.

Bu kitap söz konusu olan güçlüğü gidermek için elektroniğin temel konularını anlaşılır bir dilde özetleyerek hazırlanmıştır. Bu güçlüğü gidermek, elektroniğin temel konularını anlaşılır bir dille özet olarak anlatmak amacı ile bu kitap hazırlanmıştır. Bu sırada Temel Elektronik dersi öğretim programına uyulmuş, ayrıca ek olarak transistör karşılıkları ve kılıf şekilleri ilâve edilmiştir.

Kitapta konular çok fazla detaya inmeden verilmiş, ancak uygulama devreleri ile desteklenmiştir.

Kitabımızda görülebilecek eksik konular ve hataların bildirilmesi, çalışmalarımıza güç katacaktır.

Bu çalışmamızın elektronik ile ilgilenen tüm öğrencilere faydalı olacağı inancındayız.

**İzmir 2002**

**H.Refik PEYNİRCİ Hikmet ÖZATA**

**İÇİNDEKİLER**  
**ÜNİTE 1**  
**PASİF DEVRE ELEMANLARI**

		SAYFA
1	Dirençler .....	17
1.1	Direnç çeşitleri ve yapıları .....	18
1.1.1	Sabit dirençler .....	18
1.1.1.1	Karbon dirençler .....	18
1.1.1.2	Telli dirençler .....	19
1.1.1.3	Film dirençler .....	19
1.1.1.4	Direnç renk kodları .....	20
1.1.2	Ayarlı dirençler .....	23
1.1.2.1	Trimpotlar .....	23
1.1.2.2	Potansiyometreler .....	24
1.1.2.3	Reostalar .....	24
1.1.3	Ortam etkili dirençler .....	25
1.1.3.1	Foto dirençler (LDR) .....	25
1.1.3.2	Termistörler .....	25
1.1.3.3	Varistörler (VDR) .....	26
1.1.4	Direnç bağlantıları .....	26
1.1.5	Dirençlerin avometre ile kontrolü .....	29
1.2	Kondansatörler .....	29
1.2.1	Sabit kondansatörler .....	30
1.2.1.1	Kâğıtlı kondansatörler .....	30
1.2.1.2	Plâstik kondansatörler .....	30
1.2.1.3	Seramik kondansatörler .....	31
1.2.1.4	Mika kondansatörler .....	31
	Değeri rakamlı yazılı kondansatörler .....	31
	Kondansatör renk kodları .....	32
1.2.1.5	Elektrolitik kondansatörler .....	35
1.2.2	Ayarlı kondansatörler .....	36
1.2.2.1	Varyabl kondansatörler .....	36
1.2.2.2	Trimer kondansatörler .....	37
1.2.3	Kondansatör bağlantıları .....	37
1.2.3.1	Seri bağlama .....	37
1.2.3.2	Paralel bağlama .....	38
1.2.3.3	Karışık bağlama .....	39
1.3	Bobinler .....	39
1.3.1	Hava nüveli bobinler .....	40
1.3.2	Ferit nüveli bobinler .....	41
1.3.3	Demir nüveli bobinler .....	41
	Değerlendirme çalışmaları .....	42

## ÜNİTE 2 YARI İLETKENLER

	SAYFA
2.1 Atomun yapısı .....	44
2.1.1 Çekirdek .....	44
2.1.2 Elektronlar .....	45
2.1.2.1 İletkenler.....	45
2.1.2.2 Yalıtkanlar .....	46
2.1.2.3 Yarı iletkenler .....	46
2.2 Enerji seviyeleri ve bant yapıları .....	47
2.3 Saf germanyumun kristal yapısı ve kovalent bağ.....	47
2.3.1 Kovalent bağ .....	48
2.4 Yarı iletkenlerde katkı maddeleri .....	49
2.4.1 Saf olmayan (katkılı) germanyumun kristal yapısı .....	49
2.4.1.1 N tipi yarı iletkenler .....	49
2.4.1.2 P tipi yarı iletkenler .....	50
2.5 N ve P tipi yarı iletkenlerde elektron oyuk hareketleri..	51
2.5.1 N tipi yarı iletkenlerde elektron oyuk hareketi .....	51
2.5.2 P tipi yarı iletkenlerde elektron oyuk hareketi .....	52
Değerlendirme çalışmaları .....	52

## ÜNİTE 3 DİYODLAR

3.1 Diyodun temel yapısı .....	53
3.1.1 Polarmasız P-N yüzey birleşmesi .....	53
3.1.2 Polarmalı P-N yüzey birleşmesi .....	54
3.1.2.1 Doğru polarma .....	54
3.1.2.2 Ters polarma .....	55
3.2 Diyod çeşitleri ve yapıları .....	56
3.2.1 Kristal diyod ve karakteristiği .....	56
3.2.2 Zener diyod ve karakteristiği .....	57
3.2.3 Tünel diyod ve karakteristiği .....	59
3.2.4 Işık yayan diyod (LED) .....	59
3.2.5 Foto diyod .....	61
3.2.6 Varikap (ayarlanabilir kapasiteli) diyodlar .....	62
3.2.7 Schockley diyodlar .....	63
3.2.8 Mikrodalga diyodlar .....	63
3.2.9 Köprü diyodlar .....	65
3.3 Diyodların sağlamlık kontrolü .....	66
3.3.1 Lâmba ile kontrol .....	66
3.3.2 Analog avometre ile kontrol.....	66

3.3.3 Dijital avometre ile kontrol .....	67
3.3.4 Köprü diyod sağlamlık kontrolü.....	68
3.4 Diyod bağlantıları .....	68
3.4.1 Seri bağlama .....	68
3.4.2 Paralel bağlama .....	69
3.5 Zener diyod test cihazı .....	69
Değerlendirme çalışmaları .....	70

## ÜNİTE 4 TRANSİSTÖRLER

4.1 Transistörlerin yapısı .....	74
4.1.1 PNP transistörlerin yapısı .....	74
4.1.2 NPN transistörlerin yapısı .....	74
4.2 Transistörlerin uçlarının isimlendirilmesi .....	75
4.2.1 Emiter .....	75
4.2.2 Beyz .....	75
4.2.3 Kolektör .....	76
4.3 Transistörlerin çalışma prensibi .....	76
4.4 Transistörlerde gerilim seti .....	77
4.5 Transistörlerin doğru polarmalandırılması .....	78
4.5.1 PNP tipi transistörlerde doğru polarma .....	78
4.5.2 NPN tipi transistörlerde doğru polarma .....	79
4.6 Transistörlerin ters polarmalandırılması .....	80
4.6.1 PNP tipi transistörün ters polarmalandırılması .....	80
4.6.2 NPN tipi transistörün ters polarmalandırılması .....	81
4.7 Transistörlerin akım ve gerilim yönleri .....	82
4.8 Transistörlerin avometre ile kontrolü .....	83
4.8.1 Transistör uçlarının tesbiti .....	83
4.8.2 Transistör tipinin belirlenmesi .....	83
4.8.3 Transistörlerin analog avometre ile sağlamlık kontrolü ..	84
4.8.4 Transistörün dijital avometre ile sağlamlık kontrolü .....	85
4.9 Transistörlerde yükseltme işleminin gerçekleştirilmesi ...	85
4.9.1 Alfa ve beta akım kazançlarının bulunması .....	85
4.9.1.1 Alfa akım kazancı .....	85
4.9.1.2 Beta akım kazancı .....	86
4.9.2 Alfa ve beta akım kazançlarının dönüştürülmesi .....	86
4.9.3 Gerilim ve güç kazancı .....	87
4.10 Transistörün 4.bölge karakteristiği .....	87
4.10.1 1. bölge karakteristiği .....	89
4.10.1.1 Yük doğrusunun çizilmesi, çalışma noktasının bulunması	90
4.10.2 2. bölge karakteristiği .....	91

4.10.3	3. bölge karakteristiği .....	93
4.10.4	4. bölge karakteristiği .....	94
4.11	Transistörlerin anahtarlama elemanı olarak kullanılması .....	95
4.12	Transistörün yükselteç olarak çalıştırılması .....	96
4.13	Transistörlerin çalışma kararlılığını etkileyen faktörler ...	96
4.14	Transistörün çalışma noktasının stabilize edilmesi .....	97
4.15	Transistörlerin katalog bilgileri .....	98
4.15.1	Transistör üzerindeki harf ve rakamların okunması .....	98
4.15.1.1	Avrupa standardı .....	98
4.15.1.2	Japon standardı .....	98
4.15.1.3	Amerikan standardı .....	100
4.15.1.4	Firma standardı .....	101
4.15.2	Katalog kullanımı ve karşılıklarının bulunması .....	101
	Değerlendirme çalışmaları .....	102

## ÜNİTE 5 GÜÇ KAYNAKLARI

5.1	Transformatörler .....	103
5.1.1	Yapısı .....	103
5.1.2	Çalışması .....	105
5.1.3	Transformatör çeşitleri .....	105
5.1.4	Transformatörün hesaplanması .....	107
5.2	Doğrultma ve filtre devreleri .....	110
5.2.1	Doğrultma devreleri .....	110
5.2.1.1	Yarım dalga doğrultma devreleri .....	110
5.2.1.2	Tam dalga doğrultma devreleri .....	111
5.2.1.3	Filtre devreleri .....	115
5.3	Regüle devreleri .....	117
5.3.1	Zener diyodun regülâtör olarak kullanılması .....	117
5.3.2	Seri regüle devreleri .....	118
5.3.3	Şönt regüle devreleri .....	120
5.3.4	Entegreli regüle devreleri .....	120
5.4	Gerilim çoklayıcılar .....	125
5.4.1	Gerilim ikileyiciler .....	125
5.4.1.1	Yarım dalga gerilim ikileyici .....	125
5.4.1.2	Tam dalga gerilim ikileyici .....	126
5.4.2	Gerilim üçleyici .....	127
5.4.3	Gerilim (n)' leyiciler .....	127
5.5	Gerilim çoklayıcı uygulamaları .....	128
5.5.1	Arızalı flüoresan lâmbanın çalıştırılması .....	128
5.6	Bölüm ile ilgili uygulama devreleri .....	130

5.6.1	Bir transistörlü regüleli doğrultmaç .....	130
5.6.2	Tam dalga regüleli doğrultmaç .....	131
5.6.3	0-24 volt kısa devre korumalı, ayarlı regüleli doğrultmaç .....	132
5.6.4	Entegre devreli regüleli doğrultmaç .....	132
5.6.5	Entegreli 12 volt gerilim regülâtörü .....	133
5.6.6	Entegreli 1.2 volt - 36 volt arası ayarlı gerilim regülâtörü .....	133
5.6.7	Paralel gerilim regülâtörü .....	129
	Değerlendirme çalışmaları .....	134

## ÜNİTE 6 TRANSİSTÖRLÜ YÜKSELTEÇLER

6.1	Polarma metotları .....	135
6.1.1	Sabit polarma .....	135
6.1.2	Kolektör - beyz polarması .....	136
6.1.3	Birleşik (tam kararlı-otomatik) polarma .....	137
6.2	Temel yükselteç devreleri .....	137
6.2.1	Emiteri ortak yükselteç .....	138
6.2.2	Beyzi ortak yükselteç .....	139
6.2.3	Kolektörü ortak yükselteç .....	140
6.3	Yükselteçlerde çalışma sınıfları .....	141
6.3.1	A sınıfı yükselteç .....	141
6.4	Faz tersleyiciler .....	143
6.4.1	Transformatörlü faz tersleyiciler .....	143
6.4.2	Tek transistörlü faz tersleyici .....	144
6.5	Güç yükselteçleri .....	145
6.5.1	Push-pull güç yükselteçleri .....	145
6.5.1.1	B sınıfı push-pull güç yükselteçleri .....	145
6.5.1.2	AB sınıfı push-pull güç yükselteçleri .....	146
6.5.2	Simetrik güç yükselteçleri .....	147
6.6	Yükselteçlerde volüm, ton ve balans kontrol devreleri .....	147
6.6.1	Volüm kontrolü .....	147
6.6.2	Ton kontrol devresi .....	148
6.6.3	Balans kontrolü .....	149
6.7	Darlington bağlantı .....	150
6.8	Hi-fi stereo yükselteçler ve düzenler .....	150
	Değerlendirme çalışmaları .....	151




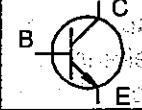

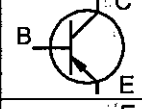
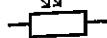
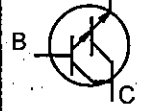
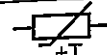
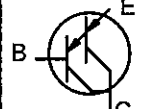
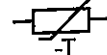
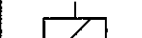
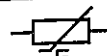

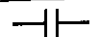

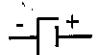

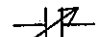

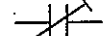

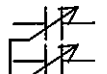

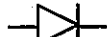



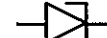
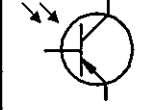




## ÜNİTE 7 MİKROFONLAR VE HOPARLÖRLER

7.1	Sesin elektriğe çevrilmesi .....	152
7.1.1	Mikrofonların yapıları, çeşitleri ve çalışma prensipleri .....	152
7.1.2	Mikrofonların frekans karakteristiği, empedansı .....	155
7.2	Elektriğin sese çevrilmesi .....	156
7.2.1	Dinamik hoparlör yapısı ve çalışması .....	157
7.2.2	Hoparlör karakteristiği ve empedansı .....	157
7.2.3	Hoparlörlerin seri ve paralel bağlanması .....	159
	Değerlendirme çalışmaları .....	160

## ÜNİTE 8 TRANSİSTÖR UYGULAMA DEVRELERİ

8.1	Transistörlü flip-flop .....	161
8.2	FM verici radyo .....	161
8.3	Elektronik siren .....	162
8.4	6-12 volt elektronik siren .....	162
8.5	Transistörlü otomatik gece lambası .....	163
8.6	Bir transistörlü zaman rölesi .....	163
8.7	Işık kumandalı röle .....	164
8.8	Transistör test cihazı .....	165
8.9	İki transistörlü merdiven otomatığı .....	166
8.10	Transistörlü vu-metre .....	166
8.11	FM verici .....	167
8.12	Komplementer transistörler .....	168
8.13	Bazı transistörlerin karşılık tabloları .....	169
8.14	Transistör kılıf şekilleri .....	179
	Terimler sözlüğü .....	180
	İndeks .....	186

## SEMBOLLER VE ANLAMLARI

Sembol	Anlamı	Sembol	Anlamı
	Sabit Direnç		NPN Transistör
	Potansiyometre		PNP Transistör
	Foto Direnç		NPN Tipi Darlington Transistor
	PTC Termistör		PNP Tipi Darlington Transistör
	NTC Termistör		Röle
	Varistör		Hoparlör
	Sabit Kondansatör		Mikrofon
	Elektrolitik Kondansatör		Bir Kutuplu Anahtar
	Ayarlı Kondansatör		Transformatör
	Trimer Kondansatör		Bobin
	Çift Ganglı Değişken Kondansatör		Demir Nüveli Bobin
	Diyod		Ferit Çubuk Nüveli Bobin
	Zener Diyod		Akkor Flamanlı Lâmba
	Tünel Diyod		PNP Tipi Foto Transistör
	Foto Diyod		
	Shocley Diyod		
	LED Diyod		
	Varikap Diyod		

# PASİF DEVRE ELEMANLARI

ÜNİTE  
1

## HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

1. Direnç, kondansatör ve bobin nedir? Araştırınız.
2. Elektronik cihaz tamircisine giderek buradaki elektronik cihazların (radyo, TV vb.) elektronik devrelerini gözlemleyiniz.
3. Sokak lambalarının gece yarıp gündüz otomatik olarak nasıl sönebileceğini düşününüz? Araştırınız.
4. Elektrik depolamak neden gereklidir? Araştırınız.
5. Direnç değerini ayarlamamanın faydası nedir? Araştırınız.

Elektronik devrelerde kullanılan elemanlara **elektronik devre elemanları** denir. Elektronik devre elemanları, **pasif** ve **aktif** elemanlar olarak ikiye ayrılır. Direnç, kondansatör, bobin gibi elemanlar pasif devre elemanlarıdır. Diyod, transistör, tristör, triyak gibi elemanlar da aktif devre elemanlarıdır. Pasif ve aktif devre elemanlarının tek bir elemanda toplandığı **tümleşik** devrelere **entegre devre** adı verilir.

## 1 DİRENÇLER

Elektrik, elektronik devrelerde akımı, gerilimi azaltmak ve ayar etmek için kullanılan elemanlara **direnç** denir. Devrelerde direnci belirtmek için **R** veya **r** harfi kullanılır. Direnç birimi **ohm** ( $\Omega$ )'dur. Bazı üst katları:

1 Kiloohm	$1K\Omega = 1000 \Omega$
1 Megaohm	$1M\Omega = 1.000.000\Omega$

Direnç seçiminde direncin değeri, ve gücü önemlidir. Direncin değeri kullanılan malzemenin cinsine ve karışım oranlarına bağlıdır, gücü ise fiziksel boyutlarına bağlıdır.

## 1.1 Direnç Çeşitleri ve Yapıları

Dirençler kullanım amacına göre;

1. Sabit dirençler,
2. Ayarlı dirençler ,
3. Ortam etkili dirençler olmak üzere üçe ayrılır.

### 1.1.1 Sabit dirençler

Devredeki direnç değerinin belli bir noktada sabit kalması istenen devrelerde kullanılır. Boyut ve yapıları içinden geçen akıma göre değişir. İki veya çok uçlu entegre yapısında olan tipleri vardır. Devrede akımı sınırlayıcı, gerilim bölücü, yük direnci gibi değişik amaçlarla kullanılır. Sabit dirençler yapıldıkları malzemeye göre aşağıdaki sınıflara ayrılır.

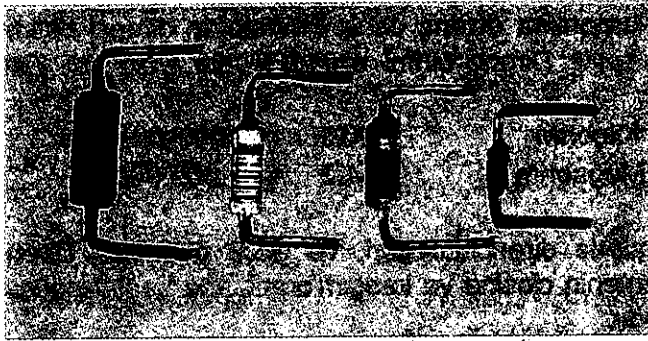
a.Karbon dirençler, b.Telli dirençler, c.Film dirençler



Şekil 1.1 : Dirençlerin devrelerde gösterilişi

#### 1.1.1.1 Karbon dirençler

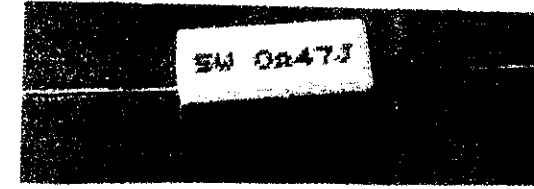
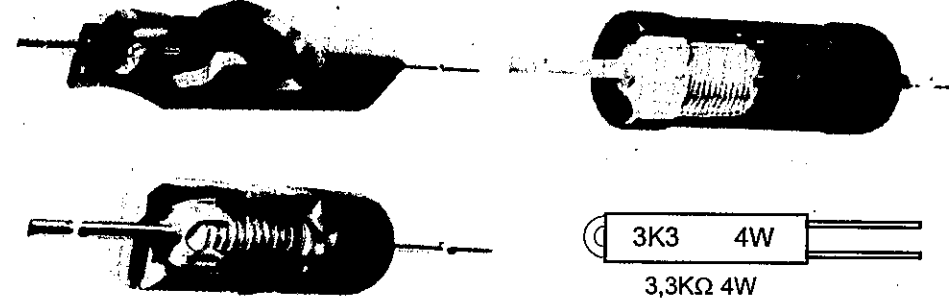
Karbonun toz hâline getirilmesinden sonra reçineli yapıştırıcıyla karıştırılıp, ince silindir çubuk şeklinde dökülmesiyle elde edilir. Karbon - reçine oranı direncin ohm olarak değerini belirler. Silindir çubuk şeklindeki dirençten iki uç çıkarılarak, üzeri koruyucu tabakayla kaplanır. Küçük güçlü olarak imal edilir. Büyüklüklerine göre 1/6 w, 1/4 w (çeyrek watt), 1/2 w (yarım watt), 1, 2, 3, 4, 5 watt güçlerinde yapılır. Karbon dirençlerin değerleri, doğrudan direncin gövdesine yazılabileceği gibi renk kotlarıyla da belirtilebilir.



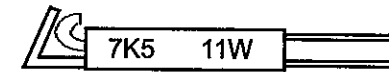
Resim 1.1 : Değişik büyüklük ve değerlerde karbon dirençler

### 1.1.1.2 Telli dirençler

Özel olarak imâl edilmiş direnç telinin (krom-nikel, gümüş-nikel, tungsten vb.) ısıya dayanıklı yalıtkan çubuk üzerine (porselen, seramik, amyant vb.) sarılmasıyla elde edilen elemana denir. İstenilen direnç değerine göre tel uzunluğu ve çapı belirlenir. 3 - 200 watt arasında yapılır. Düz ve termikli cinsleri vardır. Büyüklükleri ve yapıları, içinden geçecek akıma göre değişiklik gösterir.



Resim 1.2 : Düz telli dirençler



Şekil 1.2 Termikli direnç

Termikli tiplerinde tel lehimlerden normalin üstünde akım geçtiğinde sigorta gibi görev yaparak bağlantı lehimini eritir ve akım sınırlaması yaparlar.

#### 1.1.1.3 Film dirençler

Porselen, seramik veya cam bir gövdeye ince bir tabaka hâlinde düz veya spiral şeklinde direnç tabakası kaplanmasıyla oluşur. Direnç tabakası çok ince olduğundan, küçük bir akım artışında bozulabilir. Film dirençlerin hata oranları çok düşük olup, istenilen direnç değeri tama yakın tutturulabilir.

Film dirençler;

1. Karbon film dirençler,
2. Metal - oksit film dirençler,
3. Metal cam karışımı film dirençler,
4. Cermet film dirençler,
5. Metal yüzeyli film dirençler olmak üzere beş grupta toplanabilir.

#### 1.1.1.4 Direnç renk kodları

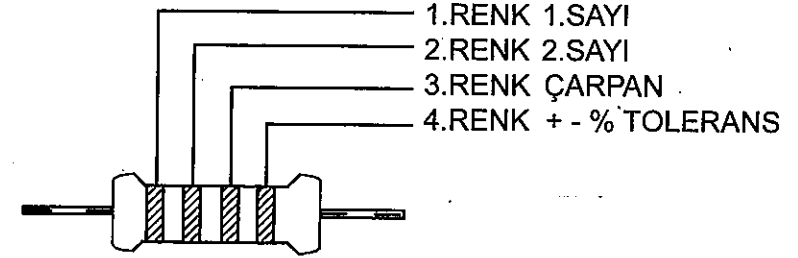
Karbon ve film dirençlerde dirençlerin değerleri üzerine rakamlarla yazılır veya renk bantlarıyla belirtilebilir. Dirençlerin renk kodlarıyla belirtilmesi, değerinin silinmemesi, her yönden okunabilmesi açısından tercih edilmektedir. Dirençlerde renk bantları bir uca daha yakın olarak yapılmıştır. Okumaya, renklerin uca yakın olduğu tarafından başlanır. Renk bantları her iki uca eşit uzaklıkta görünüyorsa **siyah, gümüş, altın** renginin bulunduğu taraf **birinci bantta** bulunmayacağından bu renkler sona getirilir. **İkinci bantta gümüş ve altın** rengi bulunmaz.

Tablo 1.1 : Direnç renk kodları

RENK	1. BANT	2. BANT	3. BANT	4. BANT	5. BANT
SIYAH	0	0	0	1Ω	
KAHVERENGLİ	1	1	1	10Ω	±%1 (B)
KIRMIZI	2	2	2	100Ω	±%2 (B)
TURUNCU	3	3	3	1KΩ	
SARI	4	4	4	10KΩ	
YEŞİL	5	5	5	100KΩ	±%0.5 (D)
MAVİ	6	6	6	1MΩ	±%0.25 (D)
MOR	7	7	7	10MΩ	±%0.10 (B)
GRI	8	8	8		±%0.05 (B)
BEYAZ	9	9	9		
ALTIN					±%5 (A)
GÜMÜŞ					±%10 (A)

Dirençler 4 renkli olarak kodlanacağı gibi 5 ve 6 renkli olarak kodlanabilir. 6 renkli dirençler, 5 renkli gibi okunur, altıncı renk, sıcaklık kat sayısıdır.

#### 4 Renkli Kod Sistemi

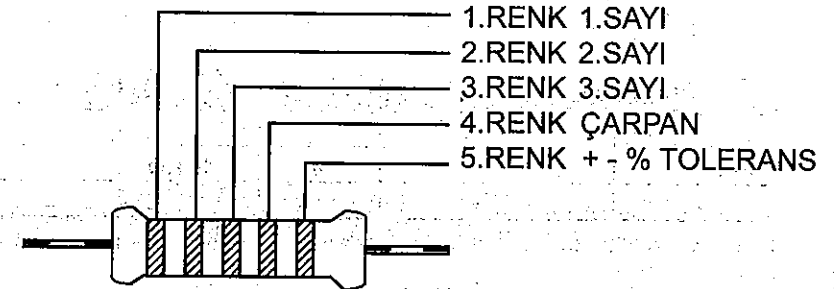


Şekil 1.3 : 4 Renkli dirençler

#### Direnç Değerinin Bulunması

- Soldan sağa doğru okunur.
- Birinci ve ikinci renklerin değerleri tam sayı olarak yan yana yazılır.
- Üçüncü renk tablodan çarpım olarak alınır ve ilk iki tam sayı ile çarpılır.
- Bulunan sonucun yanına toleransı +- % olarak belirtilir.

#### 5 Renkli Kod Sistemi

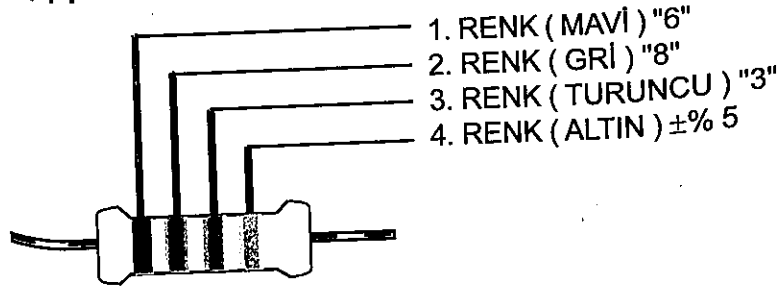


Şekil 1.4 : 5 Renkli dirençler

#### Direnç Değerinin Bulunması

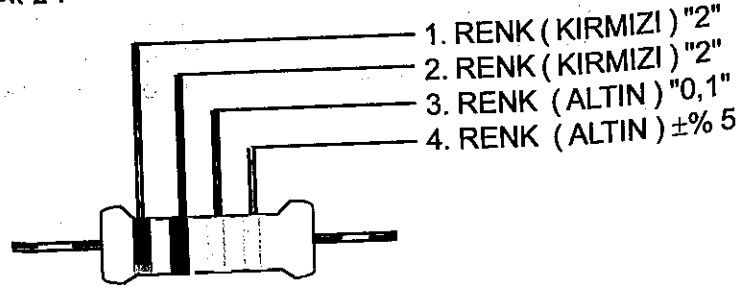
- Soldan sağa doğru okunur.
- Tablodan 1., 2. ve 3. renk tam sayı değerleri bulunarak yan yana yazılır.
4. renk tablodan çarpım olarak alınır ve ilk üç renk ile çarpılır.
- Bulunan sonucun yanına toleransı +- % olarak belirtilir.

Örnek 1 :



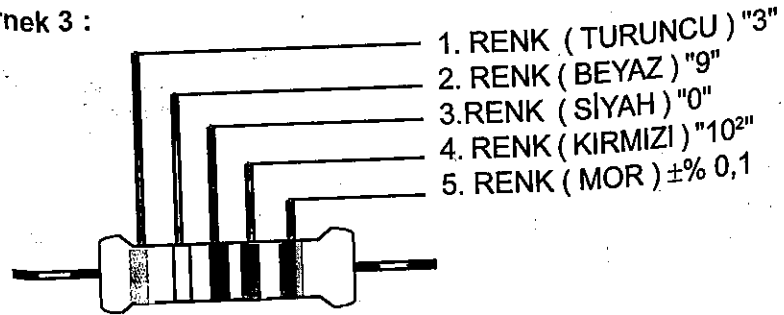
Yukarıda renkleri verilen direncin değerini bulabilmek için uca yakın rengi başa alarak, buradan itibaren okuma yapılır. Renklerin kod karşılıkları ; birinci renk ( mavi ) için 6 , ikinci renk ( gri ) için 8 , üçüncü renk ( turuncu ) için 3 , dördüncü renk ( altın ) için + - % 5 ' tir. Birinci ve ikinci renk kodları yan yana yazılır ( 68 ). Üçüncü renk kodu bu sayı ile çarpılır (  $68 \times 10^3$  ). Bulunan sonucun yanına toleransı yazılır (  $68 \times 10^3 = 68 \text{ K}$  toleransı + - % 5 ).

Örnek 2 :



Renklerin kod karşılıkları birinci ve ikinci renk ( kırmızı ) için 2 'dir. Üçüncü renk çarpan olduğundan altın için 0,1 ' dir. Dördüncü renk tolerans rengi olarak + - % 5 ' tir. Buna göre birinci ve ikinci renk yan yana yazılır ( 22 ). Bu değer çarpan ile çarpılır (  $22 \times 0,1 = 2,2 \Omega$  ). Altın için tolerans rengi + - % 5 olarak bu değere eklenir (  $2,2 \Omega + - % 5$  ).

Örnek 3 :



Renklerin kod karşılıkları birinci renk ( turuncu ) için 3, ikinci renk ( beyaz ) için 9, üçüncü renk ( siyah ) için 0 ' dir. Dördüncü renk çarpan olarak alınır ve kodu  $10^2$  ' dir. Beşinci renk tolerans rengi olarak mor için + - % 0,1 ' dir. Buna göre direncin değeri  $390 \times 10^2 = 39000 \Omega = 39 \text{ K}\Omega + - % 0,1$  olur.

### 1.1.2 Ayarlı Dirençler



Şekil 1.5 : Ayarlı direnç sembolleri

#### a-Yapıları

Devredeki direnç değerini istenilen değerlerde değiştirerek akım veya gerilim kontrolü yapan devre elemanlarıdır. Şekil 1.5 'te ayarlı direnç sembolleri görülmektedir. Karbon ya da telden yapılır. Üç ucu vardır. Uçlardan ikisi sabit olup bu iki uçtan üzerinde yazılı olan değerinde sabit direnç değeri elde edilir. Üçüncü uç ise hareketli olup, direnç üzerinde gezebilen bir fırçaya bağlıdır. Fırça hangi yan uca daha yakınsa, orta uç ile arasındaki direnç küçülür. Bu şekilde direnç değeri, sıfırdan üzerinde yazan direnç değerine kadar ayarlanabilir.

#### b- Çeşitleri

Ayarlı dirençler üç şekilde imal edilirler :

- 1- Trimpot
- 2- Potansiyometre
- 3- Reosta

#### 1.1.2.1 Trimpotlar

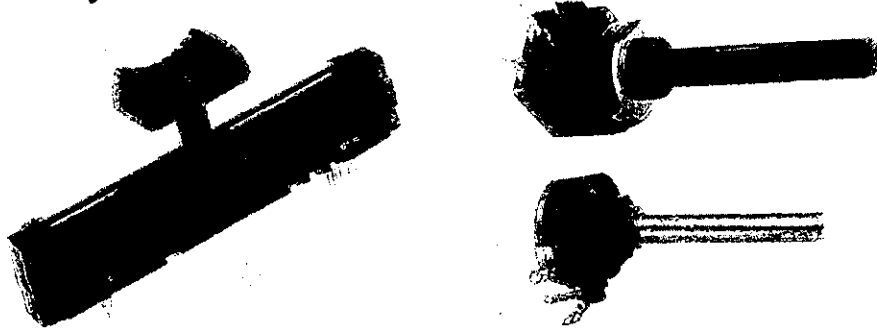
Bir tornavida ile direnç değeri değiştirilebilir. Genellikle bir defa ayarlandıktan sonra bırakılır.



Resim 1.3 : Trimpotlar

### 1.1.2.2 Potansiyometreler

Gerilim kontrolü yapan ayarlı dirençlerdir. Radyo, teyp, amplifikatör, TV gibi cihazlarda ses ve ton kontrolünde kullanılır. Direnç değerinin dairesel hareketlerle değiştirilebildiği potansiyometrelerin anahtarlı ve anahtarsız olanları yanında aynı eksen üzerinde iki potansiyometrenin aynı anda hareket ettiği, çiftli olanları da vardır. Bunlar stereo devrelerde kullanılır. Direnç değeri doğrusal hareketle değiştirilebilen potansiyometrelere "sürgülü potansiyometre" denir.



Resim 1.4 : Değişik tipte potansiyometreler

Potansiyometreler çalışma şekli bakımından iki çeşittir :

#### 1- Lineer potansiyometreler

Direnç değeri doğrusal olarak değişen ayarlı dirençler olup üzerlerindeki "lin" yazısı ile tanınırlar. Direnç değeri her adım hareketinde eşit olarak değişir.

#### 2- Logaritmik potansiyometreler

Direnç değeri logaritmik olarak değişen ayarlı dirençler olup üzerlerindeki "log" yazısı ile tanınırlar. Direnç değeri her adım hareketinde farklı, logaritmik olarak değişir.

### 1.1.2.3 Reostalar

Akım ayarı amacı ile kullanılan ayarlı dirençler olup yalıtkan bir gövde üzerine direnç teli sarılarak iki sabit uç çıkarılır. Direnç boyunca hareket ettirilen bir sürgü kolu, ayarlı uca bağlıdır. Bu sürgü kolu istenilen değerlerde sabit tutulur. Reostalar devreye bağlanırken bir sabit ve bir hareketli olmak üzere iki uç kullanılır. Sabit uçlardan biri, orta uç ile birleştirilir veya boşta bırakılır. Karbon veya telli olarak imâl edilir.

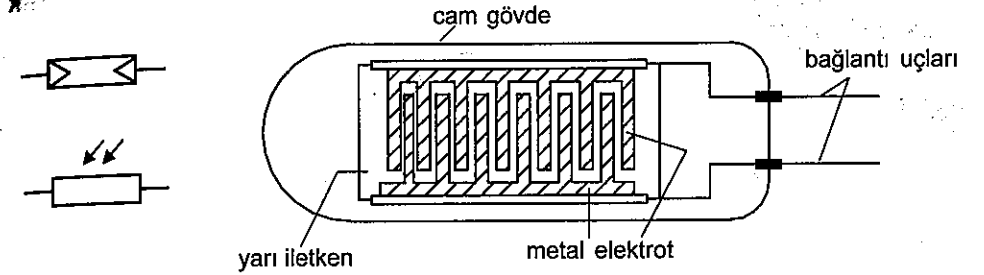
### 1.1.3 Ortam etkili dirençler

1. Işık değişimi ile çalışan dirençler (LDR)
2. Isı değişimi ile çalışan dirençler (NTC-PTC)
3. Gerilim etkisi ile çalışan dirençler (VDR)

#### 1.1.3.1 Foto dirençler ( LDR )

Değeri, üzerine düşen ışık şiddeti ile ters orantılı olarak değişen dirençlere **foto direnç** denir. Bir foto direnç karartıldığında uçları arasındaki direnci çok yüksektir. Ancak aydınlatıldığında direnç değeri 100 ohm ve daha aşağı düşer.

Foto direncin devrelerde gösterilişi şekil 1.6 ' da görülmektedir.



Şekil 1.6 : Foto direnç sembolü ve yapısı

Foto dirençler, gün ışığı ile çalışabilir veya bir ışık kaynağı ile beraber kumanda edilecekleri yere bağlanırlar. Işık kaynağı olarak düşük gerilimde çalışan bir lâmbanın verdiği ışık, bir mercekle sistem ile foto direnç üzerine düşürülür. Foto dirençler bir röleye kumanda eder. Röle ise lâmbaların yanmasını, bir kapının açılmasını, bir makinenin durmasını, bir numaratorün durum değiştirmesini ve bunun gibi pek çok işleri sağlar.

#### 1.1.3.2 Termistörler

Sıcaklık ile değeri değişen dirençlere **termistör** denir.

Şekil 1.7 ' de termistörün devrelerde gösterilişi görülmektedir.



Şekil 1.7 : Termistör sembolleri

Termistörler iki çeşittir :

1. Negatif sıcaklık katsayılı termistörler ( NTC )
2. Pozitif sıcaklık katsayılı termistörler ( PTC )

### Negatif Sıcaklık Katsayılı Termistörler ( NTC )

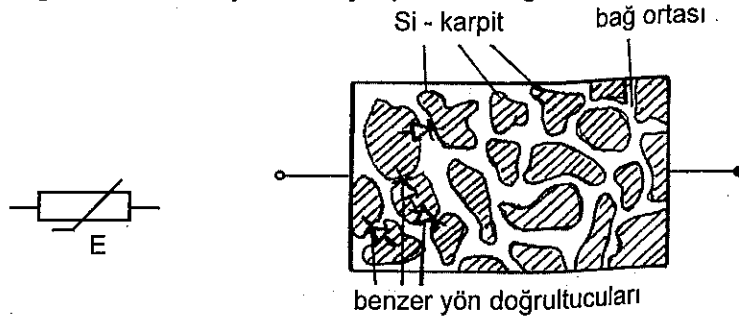
Dirençleri , ısı miktarı ile ters orantılı olarak değişir. Isı arttıkça direnç azalır ; ısı azaldıkça direnç artar. Bu yüzden , bu termistörlere **negatif sıcaklık katsayılı termistörler** denir.

### Pozitif Sıcaklık Katsayılı Termistörler ( PTC )

Dirençleri , ısı miktarı ile doğru orantılı olarak değişir. Isı arttıkça direnç artar. Isı azaldıkça direnç azalır. Bu yüzden , bu termistörlere **pozitif sıcaklık katsayılı termistörler** denir.

### 1.1.3.3 Varistörler ( VDR )

Gerilim ile ters orantılı olarak direnç değeri değişen bir devre elemanıdır. Düşük gerilimlerde direnci yüksektir. Gerilim arttıkça direnç değeri düşer. Varistör sembolü ve yapısı şekil 1.8 'de görülmektedir. VDR 'ler aşırı gerilimden korunmak istenen devrelerde ve gerilim regülasyonu yapmak için kullanılır. Koruyacağı elemana veya devreye paralel bağlanır.



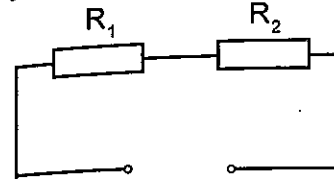
Şekil 1.8 : Varistör sembolü ve yapısı

### 1.1.4 Direnç bağlantıları

İstediğimiz değerde direnç bulabilme imkânı olmadığı hâllerde birkaç direnç seri, paralel veya seri - paralel ( karışık ) bağlanarak istenilen direnç değeri elde edilir.

### Dirençlerin Seri Bağlanması

Dirençlerin arka arkaya bağlanmalarına **seri bağlama** denir. Toplam direnç, seri bağlı dirençlerin toplamına eşittir.



Toplam direnç

$$R_{\text{TOPLAM}} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

Şekil 1.9 : Dirençlerin seri bağlanması

### Örnek Problem :

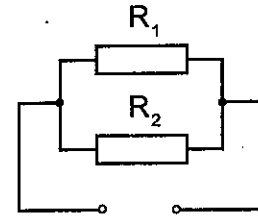
3 ohm ve 2 ohmluk iki direnç seri bağlanmıştır. Toplam direnci bulunuz.

### Çözüm :

$$R_{\text{TOPLAM}} = R_1 + R_2 = 3 + 2 = 5 \text{ ohm olarak bulunur.}$$

### Dirençlerin Paralel Bağlanması

Dirençlerin birer uçları birleştirilerek elde edilen bağlantı şeklindedir. Toplam direnç, paralel bağlı dirençlerin en küçüğünden daha küçüktür.



Toplam direnç

$$\frac{1}{R_{\text{TOPLAM}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

Şekil 1.10 : Dirençlerin paralel bağlanması

### Özel olarak iki direncin paralel bağlanmasında ;

$$R_{\text{TOPLAM}} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

### Örnek Problem :

Dörder ohmluk iki direnç paralel bağlıdır. Toplam direnci bulunuz.

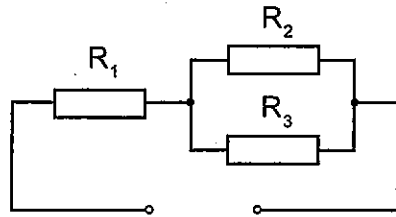
### Çözüm :

$$\frac{1}{R_{\text{TOPLAM}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \quad \text{veya} \quad R_{\text{TOPLAM}} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{4 \cdot 4}{4 + 4} = 2 \Omega$$

### Seri - Paralel ( Karışık ) Bağlama

Dirençlerin kendi aralarında seri ve paralel bağlanmasına **seri - paralel ( karışık ) bağlama** denir. Burada önce kendi aralarında seri veya paralel dirençler çözülerek devre sadeleştirilir. Son devrenin durumuna göre seri veya paralel devre kuralları uygulanır.

### Örnek Problem :



$$\begin{aligned} R_1 &= 2 \Omega \\ R_2 &= 6 \Omega \\ R_3 &= 3 \Omega \\ R_T &= ? \end{aligned}$$

Şekil 1.11 : Seri - paralel (karışık) bağlama

### Çözüm :

Paralel bağlı  $R_2$  ve  $R_3$  dirençlerinin toplam direnci :

$$R_p = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3} = \frac{6 \cdot 3}{6 + 3} = 2 \Omega \quad R_{\text{TOPLAM}} = R_p + R_1 = 2 + 2 = 4 \Omega$$

### 1.1.5 Dirençlerin avometre ile kontrolü

Dirençlerin değerleri dijital avometre ile ölçülüyorsa direnç kademesinde en küçük kademedan başlanıp, ölçü aletinin değer gösterdiği kademeye kadar değeri artırılır. Değerler üzerinden rakamla direkt okunur.

Direnç değerleri analog avometre ile ölçülüyorsa avometre direnç kademesinde en küçük kademeye alınır. Avometre uçları her kademede ölçüme başlamadan önce kısa devre yapılarak sıfır ayarı yapılır. Değerin skala üzerinden rahat okunduğu değere kadar kademe anahtarı artırılır. Skala üzerinden okunan değer ile kademe anahtarı üzerindeki değer çarpılarak direncin gerçek değeri bulunur.

Direnç ölçerken avometre uçlarından birine elimiz dokunabilir, diğer ucuna elimiz dokunmamalıdır. Dokunursak ölçülen değer yanlış çıkar.

### 1.2 Kondansatörler

İki iletken levha arasına bir yalıtkan madde ( dielektrik ) konularak imal edilen ve elektrik enerjisini depo eden devre elemanlarına **kondansatör** denir. Depo edilen enerji miktarına **kondansatörün kapasitesi** denir. Kondansatör uçlarına uygulanan gerilim arttıkça kondansatör kapasitesi azalır. Kondansatörler alternatif akımın maksimum değeri ile şarj olurlar. Kullanılacak kondansatörün gerilim değeri, uygulanan gerilimin en az **1,41** katı olmalıdır.

Kondansatörlerde kapasite "C" harfi ile ifade edilir. Kapasite birimi farad ( F )' dir. Farad çok büyük bir birimdir. Pratikte farad yerine alt katları olan mikroyfarad (  $\mu\text{F}$  ), nanofarad ( nF ), pikofarad ( pF ) kullanılır.

$$\begin{aligned} 1\text{F} &= 1.10^6 \mu\text{F} & 1\mu\text{f} &= 1000 \text{ nF} \\ 1\text{F} &= 1.10^9 \text{ nF} & 1\mu\text{f} &= 1000.000 \text{ pF} \\ 1\text{F} &= 1.10^{12} \text{ pF} & 1\text{nf} &= 1000 \text{ pF} \end{aligned}$$

Kondansatörler iki grupta toplanırlar :

#### 1. Sabit Kondansatörler

- Kâğıtlı kondansatörler
- Plâstik kondansatörler
- Seramik kondansatörler
- Mika kondansatörler
- Elektrolitik kondansatörler



## 2. Ayarlı Kondansatörler

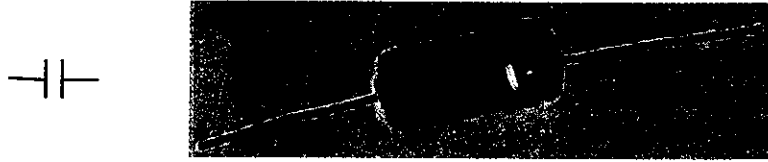
- a. Varyabl kondansatörler
- b. Trimer kondansatörler

### 1.2.1 Sabit kondansatörler

Sabit kapasite değerine sahip olan kondansatörlere **sabit kondansatörler** denir. Kullanılan dielektrik maddenin cinsine göre şu sınıflara ayrılabilirler.

#### 1.2.1.1 Kâğıtlı kondansatörler

Bu tip kondansatörler parafin emdirilmiş veya yağlanmış ince kâğıdın iki yüzüne kalay veya alüminyum levhalar sarılarak imal edilmiştir. Her iki kalay veya alüminyum levhadan dış devreye birer uç çıkarılır. Arasına bir kâğıt daha konulup, silindir şeklinde sarılır. Güç kaynaklarında ve ses frekans devrelerinde kullanılır. Resim 1.5 'te kâğıtlı kondansatör sembolü görünüşü ve iç yapısı



Resim 1.5 : Kâğıtlı kondansatörün sembolü, görünüşü ve iç yapısı

#### 1.2.1.2 Plâstik kondansatörler

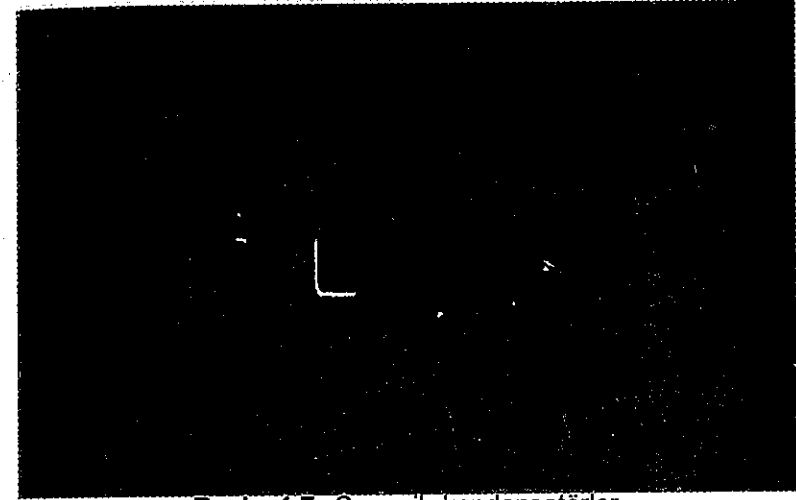
Bu tip kondansatörlerde dielektrik madde olarak polyester, polipropilen, polikarbonat kullanılır. Yapısı kâğıtlı kondansatörlere benzer. Bu kondansatörlere kâğıtlı kondansatörlerle birlikte **film kondansatörler** de denmektedir. Güç kontrol devrelerinde ve genel amaçlı olarak kullanılır.



Resim 1.6 : Plâstik (film) kondansatörler

### 1.2.1.3 Seramik kondansatörler

Dielektrik madde olarak seramik kullanılır. Gümüş levhaların arasına seramik madde konularak yapılmıştır. Disk veya çubuk şeklinde yapılırlar. Değeri, çeşitli metodlarla üzerine yazılır veya renk kodları ile belirtilir. Kapasiteleri sıcaklık, frekans ve gerilimden etkilenir. Bu özellikleri nedeni ile sıcaklık dengeleyici devrelerde ve yüksek frekanslı devrelerde kullanılır.



Resim 1.7 : Seramik kondansatörler

#### 1.2.1.4 Mika kondansatörler

İki iletken levha arasına ince bir tabaka hâlinde mika maddesi konularak imal edilmiştir. Düşük kapasiteli kondansatörlerin yapımında kullanılır. Kayıpları kâğıtlı kondansatörlerden daha azdır. Alçak ve yüksek frekanslı devrelerde kullanılır.

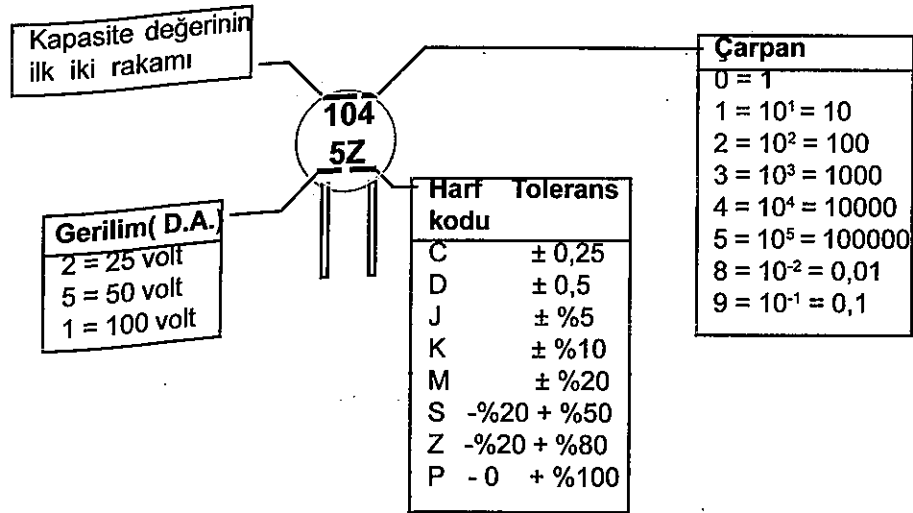
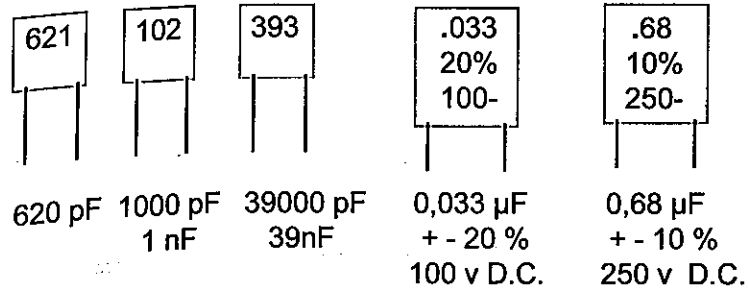
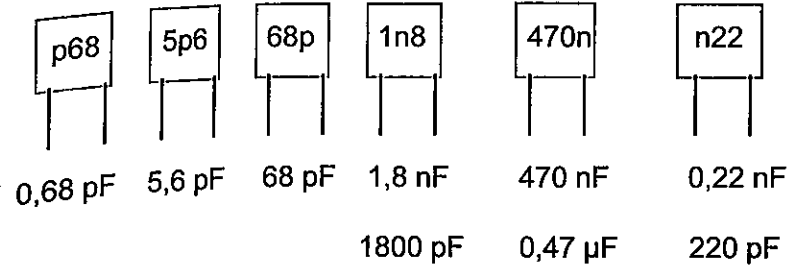
#### Değeri Rakamlarla Yazılı Kondansatörler

Kâğıtlı, plâstik, seramik, mika kondansatörlerde değerleri çeşitli metodlarla üzerine yazılır. Birimlerinin baş harfi p,n olarak, üzerine yazılır. Bu harf rakamın neresine konulmuşsa orada virgöl vardır.

Bazılarında yalnızca üç rakam yazılıdır. Bu rakamlardan ilk ikisi, ilk iki rakam, üçüncü rakam ise çarpandır (1 ise 10<sup>1</sup> ile çarpılacak demektir). Bu kondansatörlerin değeri pikofarad olarak okunur.

Bazı kondansatörlerin rakamlarının önünde nokta vardır. Noktanın anlamı, burada virgöl olduğunu belirtir. Bu kondansatörlerin değeri mikrofara (µF) cinsindedir.

Örnekler :



Şekil 1.12 : Değeri rakamla yazılı kondansatörlerin kodlamasının anlamları

Şekil 1.12 'de verilen kondansatörün değeri  $10 \cdot 10^4 = 100000 \text{ pF} = 100 \text{ nF}$ , gerilimi 5 için 50 volt, toleransı z için -%20 ile +%80 arasındadır.

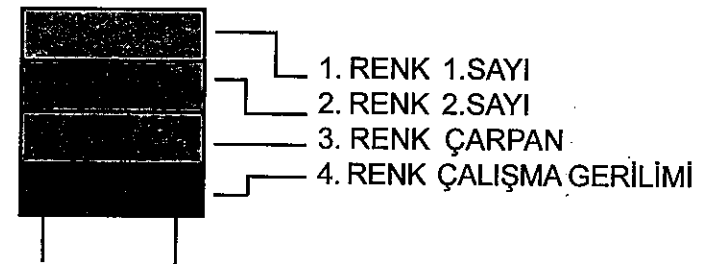
Kondansatör Renk Kodları

Kondansatörlerin değerleri de dirençlerde olduğu gibi renk bantları ile belirtilebilir.

Tablo 1.2 : Kondansatör renk kodları

RENK	TAM SAYI	ÇARPAN	TOLERANS	ÇALIŞMA GERİLİMİ
SİYAH	0	$10^0$	+ - %10	-
KAHVERENGİ	1	$10^1$	+ - % 1	100
KIRMIZI	2	$10^2$	+ - % 2	250
TURUNCU	3	$10^3$	-	-
SARI	4	$10^4$	-	400
YEŞİL	5	$10^5$	+ - % 5	-
MAVİ	6	$10^6$	-	630
MOR	7	-	-	-
GRI	8	-	-	-
BEYAZ	9	-	+ - %10	-
ALTIN	-	$10^{-1}$	-	-

4 Renkli Kod Sistemi

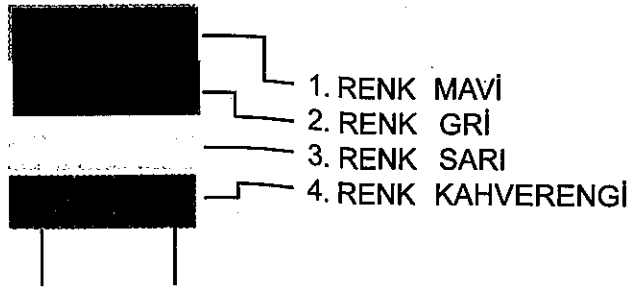


Şekil 1.13 :

### Kondansatör Değerinin Bulunması

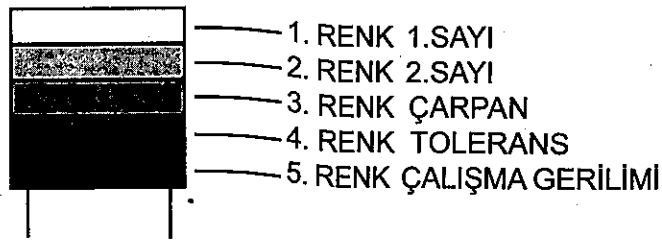
- Yukarıdan aşağıya veya soldan sağa okunur.
- Birinci ve ikinci renklerin değerleri, tam sayı olarak yan yana yazılır.
- Üçüncü renk, tablodan çarpan olarak alınır ve ilk iki sayı ile çarpılır.
- Bulunan sonuç pF cinsindedir. 4. renk çalışma gerilimi olarak yanına yazılır.

Örnek:



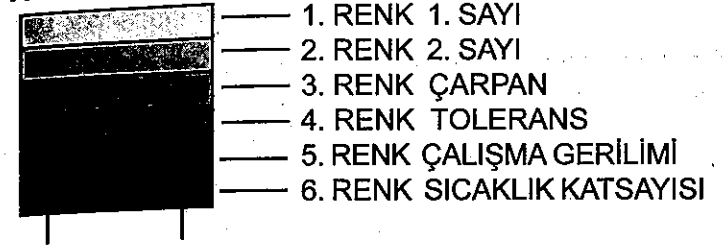
Yukarıda renkleri verilen kondansatörün değerini bulabilmek için yukarıdan aşağı veya soldan sağa doğru okuma yapılır. Renklerin karşılıkları birinci renk (mavi) için 6, ikinci renk (gri) için 8, üçüncü renk (sarı) için 4, dördüncü renk (kahverengi) için 100 voltur. Birinci ve ikinci renk kodları yan yana yazılır (68). Üçüncü renk kodu bu sayı ile çarpılır (68 x 10<sup>4</sup> pF). Sonucu  $\mu$ F cinsinden bulmak için 10<sup>-6</sup> ile çarpılır ve sonuç olarak 0,68  $\mu$ F bulunur. Çalışma gerilimi, dördüncü renk kahverengi olduğuna göre 100 volt olur.

### 5 Renkli Kod Sistemi



Şekil 1.14 :

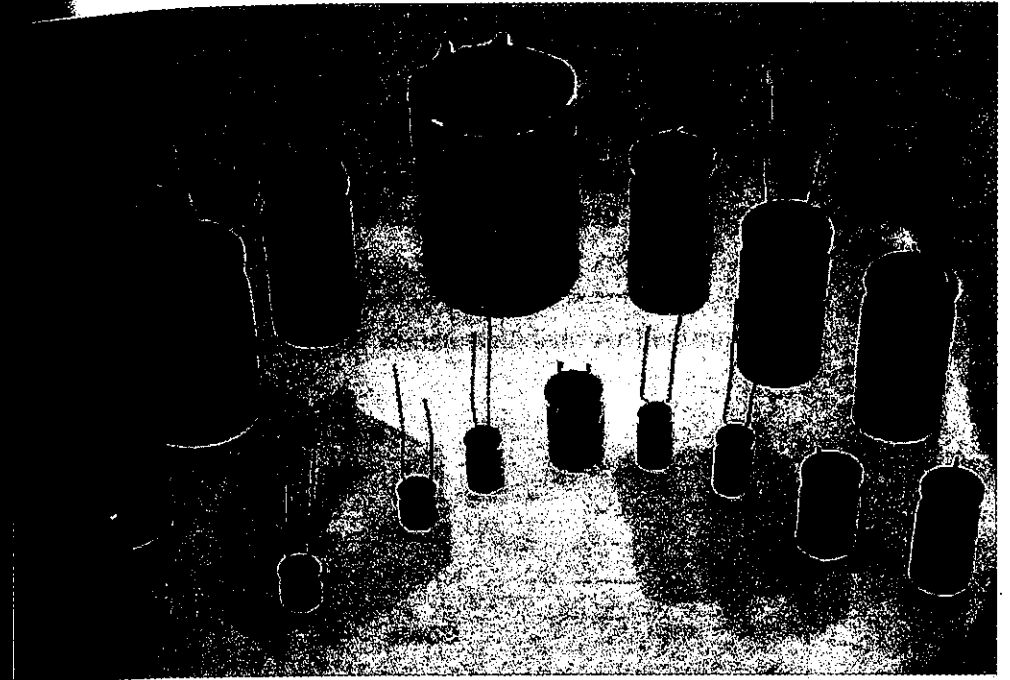
### 5 Renkli Kod Sistemi



Şekil 1.15 :

### 1.2.1.5 Elektrolitik kondansatörler

Birinin yüzü oksitlenmiş, iki alüminyum veya tantalyum şeridin arasına elektrolit emdirilmiş kâğıt veya bez konularak rulo şeklinde sarılarak imal edilir. Elektrolit plâkaya bağlı alüminyum şerit pozitif (+), diğer alüminyum şerit ise negatif (-) olarak kutuplandırılır. Kimyasal olaylara bağlı olarak çalışan kutuplandırılmış kondansatörlerdir. Kondansatör uçları ters bağlandığında



Resim 1.8 : Alüminyum elektrolitik kondansatörlerin görünüşü

veya aşırı gerilim altında çalıştığında patlayabilir. Aynı değerdeki diğer cins kondansatörlere göre daha küçük boyutludur. Kondansatör üzerinde çalışma gerilimi ve kapasitesi yazılıdır.

Alternatif akımda kullanılan elektrolitik kondansatörler kutupsuzdur. Bu kondansatörlerin her iki şeridi oksitlenmiştir. DC Gerilimde çalışan elektrolitik kondansatörlerin iki katı büyüklüğündedir.

Elektrolitik kondansatörlerin sağlamlık kontrolü avometre veya kapasite metre ile yapılır. Ölçüme başlamadan önce kondansatörün iki ucu birbirine değdirilerek deşarj edilmeli. Avometre ile kontrolde, avometre direnç kademesine getirilir. Avometre uçları kondansatör uçlarına değdirilir. Avometre ibresi sapıp tekrar eski hâline dönerse uçların yerleri değıştırilir. Aynı durum gözleendiğinde kondansatör sağlamdır.

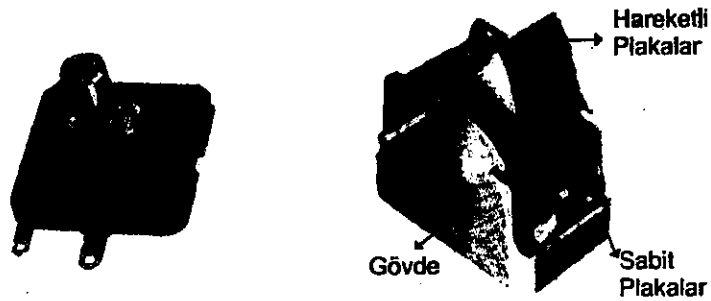
### 1.2.2 Ayarlı kondansatörler

Belirli sınırlar içinde kapasite değeri değıştırilebilen kondansatörlerdir. İki çeşidi vardır :

- Varyabl kondansatörler
- Trimer kondansatörler

#### 1.2.2.1 Varyabl kondansatörler

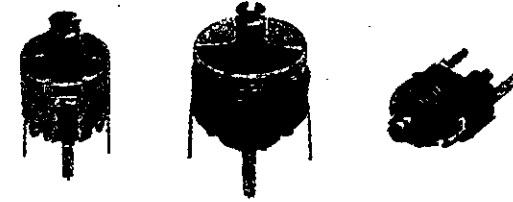
Birbirinden mika veya hava ile yalıtılmış iki madenî levha grubundan oluşur. Bu levha gruplarından biri hareketli, diğeri ise sabittir. Mika yalıtkanlı olanları 350 pF 'a kadar, hava yalıtkanlı olanları ise 500 pF 'a kadar imal edilirler. Radyo alıcılarında, frekansı değıştırerek istasyon ayarlarında çok kullanılırlar.



Resim 1.9 : Varyabl kondansatörlerin görünüşü

### 1.2.2.2 Trimer kondansatörler

Kapasite değeri, zaman zaman değıştırilmesi istenen yerlerde kullanılır. Kapasite ayarı tornavida ile yapıldığı için tornavida ayarlı kondansatörler de denir. Dielektrik madde olarak mika , hava veya seramik kullanılır. Radyo alıcıları vb. yerlerde ince ayar yapmak için kullanılır.



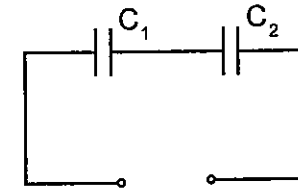
Resim 1.10 : Trimer kondansatörlerin görünüşü

### 1.2.3 Kondansatör bağlantıları

Kondansatörleri, seri, paralel veya karışık bağlayarak istenilen kapasite değeri elde edilebiliriz.

#### 1.2.3.1 Seri bağlama

Kondansatörlerin art arda bağlanmasıdır.



Şekil 1.16 : Kondansatörlerin seri bağlanması

Toplam kapasite

$$\frac{1}{C_{\text{TOPLAM}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

Toplam gerilim

$$U_{\text{TOPLAM}} = U_1 + U_2 + \dots + U_n$$

Özel olarak iki kondansatör seri bağlanırsa

$$C_{\text{TOPLAM}} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} \text{ olur.}$$

**Örnek Problem :**

12  $\mu\text{F}$ , 12 volt ve 6  $\mu\text{F}$ , 10 volt değerlerinde iki kondansatör seri bağlanmıştır. Toplam kapasite ve gerilim değerlerini bulunuz.

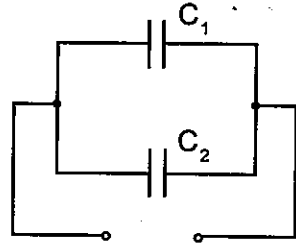
**Çözüm :**

$$\frac{1}{C_{\text{TOPLAM}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{1}{12} + \frac{1}{6} = \frac{1+2}{12} = \frac{3}{12} \text{ ise } C_T = 4 \mu\text{F}$$

$$\text{Toplam gerilim : } U_{\text{TOPLAM}} = U_1 + U_2 = 12 + 10 = 22 \text{ volt}$$

### 1.2.3.2 Paralel bağlama

Kondansatörlerin aynı polaritedeki uçlarının kendi aralarında birleştirilmesi ile elde edilen bağlantıdır.



Şekil 1.17 : Kondansatörlerin paralel bağlanması

$$\text{Toplam Kapasite : } C_{\text{TOPLAM}} = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n$$

$$\text{Toplam Gerilim : } U_{\text{TOPLAM}} = U_1 = U_2 = U_3 = \dots = U_n$$

Not : Bu bağlantıda kondansatörün gerilim değeri, devreye uygulanan gerilimin en az 1,41'i kadar olmalıdır.

**Örnek 1 :**

10  $\mu\text{F}$  ve 15  $\mu\text{F}$ 'lik iki kondansatör paralel bağlanmıştır. Toplam kapasiteyi bulunuz.

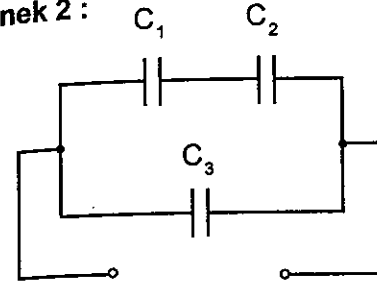
**Çözüm 1 :**

$$C_{\text{TOPLAM}} = C_1 + C_2 = 10 + 15 = 25 \mu\text{F} \text{ olur.}$$

### 12.3.3 Karışık bağlama

Kondansatörlerin seri - paralel ( karışık ) bağlanmasıdır.

**Örnek 2 :**



$C_1 = 1000 \mu\text{F}$  , 10 volt  
 $C_2 = 500 \mu\text{F}$  , 10 volt  
 $C_3 = 220 \mu\text{F}$  , 20 volt  
 Şekildeki devrenin toplam kapasitesini bulunuz.

Şekil 1.18 : Kondansatörlerin seri - paralel ( karışık ) bağlanması

**Çözüm 2 :**

$$\frac{1}{C_{\text{SERI}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{1}{1000} + \frac{1}{500} = \frac{1+2}{1000} = \frac{3}{1000} \text{ ise } C_S = 333,3 \mu\text{F}$$

$$C_{\text{TOPLAM}} = C_{\text{SERI}} + C_3 = 333,3 + 220 = 553,3 \mu\text{F} \text{ olur.}$$

### 1.3 Bobinler

Üzeri ısıya dayanıklı yalıtkanlarla kaplanmış iletkenlerin (bakır,alüminyum,altın vs.) değişik şekillerde sarılması ile elde edilen, kullanıldığı devrede elektromanyetik etki, öz indükleme, faz farkı oluşturan elemanlara **bobin** denir.

Bobinler, yalıtkan bir makara üzerine sarılır ve iletkenin makara üzerindeki her bir turuna **sarım ( spir )** denir.

Yapılarına göre **sabit** ve **ayarlı** bobinler olmak üzere **iki** grupta toplanır: Sabit bobinlerin endüktif dirençleri belli bir değerde sabittir. Bobinlerde endüktif direnç  $X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$  formülü ile bulunur.

$X_L$  = Endüktif direnç  
 $f$  = Frekans (Hz)  
 $L$  = Endüktans (Henri)

1 Henri (H) = 1000 milihenri (mH)  
 1 Henri (H) = 1000.000 mikrohenri( $\mu\text{H}$ )

Bobinin endüktansı (L); bobinin sarım sayısı (N), geçirgenliği ( $\mu$ ) ve bobinin göbek kesiti (S) ile doğru, bobinin uzunluğu (l) ile ters orantılıdır.

$$L = \frac{N^2 \cdot \mu \cdot S}{l}$$

L = Endüktans (Henri)  
N = Siper sayısı  
 $\mu$  = Geçirgenlik  
S = Bobinin göbek kesiti (cm<sup>2</sup>)  
l = Bobinin uzunluğu (metre)

**Ayarlı bobinler :** Nüvenin sargı içinde hareketi ile endüktif dirençleri değiştirilebilen bobinlerdir. Endüktif dirençleri nüvenin bobin içerisine alınmasıyla artar, dışarı alınmasıyla azalır.



Resim 1.11 : Nüve ayarlı bobinler ve sembolleri

Bobinler kullanılan nüve cinsine göre üç grupta toplanabilir :

1. Hava nüveli bobinler
2. Ferit çubuk nüveli bobinler
3. Demir nüveli bobinler

### 1.3.1 Hava nüveli bobinler

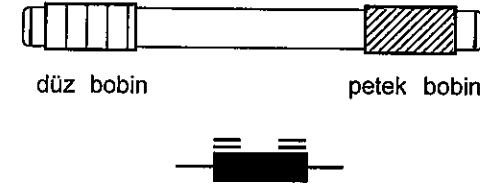
Resim 1.12 'de hava nüveli bobin yapısı ve sembolü görülmektedir. Bu bobinlerde nüve olarak hava vardır. Yüksek frekanslı devrelerde, TV 'lerde, FM alıcılarda, tuner katlarında, kuplaj devrelerinde ve antenlerde kullanılmaktadır.



Resim 1.12 : Hava nüveli bobin ve sembolü

### 1.3.2 Ferit çubuk nüveli bobinler

Şekil 1.19 'da ferit çubuk nüveli bobin yapısı ve sembolü görülmektedir. Bu bobinlerde nüve olarak demir tozundan imal edilmiş ferit çubuk vardır. Ferit nüveli bobinler, yüksek frekanslı alıcı ve verici devrelerde kullanılır.

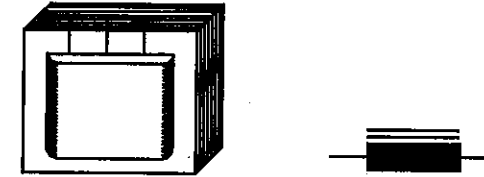


Şekil 1.19 : Ferit çubuk nüveli bobin ve sembolü

Radyo anten bobini olarak, uzun dalga radyolarda petek bobinler, orta dalga radyolarda düz bobinler kullanılır.

### 1.3.3 Demir nüveli bobinler

Şekil 1.20 'de demir nüveli bobin yapısı ve sembolü görülmektedir. Bu bobinlerde nüve olarak paket edilmiş silisyumlu sac vardır. Düşük frekanslarda kullanılan bobin çeşididir.



Şekil 1.20 : Demir nüveli bobin ve sembolü

### Bobinin avometre ile sağlamlık kontrolü

Avometre direnç kademesine (Rx1) getirilir. Bobin uçları, avometre uçlarına dokundurulur. Avometre ibresi sapmıyorsa bobin kopuktur. Ölçü aleti ibresi, sıfıra yakın bir değer gösteriyorsa bobin sargıları arasında kısa devre olabilir. Bobinin direncine göre ölçü aleti ibresi bir değer gösteriyorsa bobin sağlamdır.

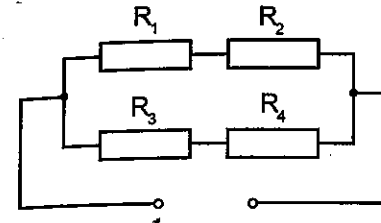
## DEĞERLENDİRME ÇALIŞMALARI

- Direnç nedir? Tanımlayınız. Direnç çeşitlerini yazınız.
- Aşağıda değerleri verilen karbon dirençlerin renklerini yazınız.  
a.  $1 \Omega$  b.  $100 \Omega$  c.  $4,7 K\Omega$  ç.  $39 K\Omega$  d.  $1 M\Omega$
- Aşağıda renkleri verilen dört renkli dirençlerin değerlerini yazınız.  
a. kahverengi - kırmızı - siyah - altın  
b. turuncu - turuncu - kırmızı - gümüş  
c. kahverengi - yeşil - turuncu - altın  
ç. mavi - gri - turuncu - gümüş
- Aşağıda renkleri verilen beş renkli dirençlerin değerlerini yazınız.  
a. kırmızı - mor - siyah - kahverengi - altın  
b. turuncu - beyaz - siyah - kırmızı - gümüş  
c. kırmızı - turuncu - mor - kahverengi - altın  
ç. beyaz - siyah - beyaz - siyah - gümüş
- Dirençlerde renkler verilirken birinci ve ikinci bantta hangi renkler bulunmaz?
- Ayarlı direnç çeşitlerini yazarak özelliklerini belirtiniz.
- Foto direnci tanımlayarak çalışması hakkında bilgi veriniz.
- Termistör çeşitlerini yazarak özelliklerini açıklayınız.
- Dirençlerin seri ve paralel bağlantılarını çizerek toplam direnç formüllerini yazınız.
- Kondansatör nedir? Tanımını yaparak çeşitlerini yazınız.
- Sabit kondansatör çeşitlerini yazarak yapıları ve kullanım alanları hakkında bilgi veriniz.
- Gövdeleri üzerinde aşağıdaki değerler bulunan kondansatörlerin kapasitelerini bulunuz.  
a. p33 b. 4n7 c. 101 ç. 273 d. .047 +- 20% 100 -
- Aşağıda renkleri verilen dört renkli kondansatörlerin kapasitelerini  $\mu F$  cinsinden bulunuz.  
a. sarı - mor - yeşil - kırmızı  
b. mavi - gri - mor - sarı
- Aşağıda renkleri verilen beş renkli kondansatörlerin kapasitelerini  $\mu F$  cinsinden bulunuz.  
a. turuncu - beyaz - turuncu - yeşil - sarı  
b. kahverengi - siyah - gri - beyaz - mavi
- Ayarlı kondansatör çeşitlerini yazarak yapıları ve kullanım alanları hakkında bilgi veriniz.
- Bobin ve sarım nedir? Tanımlayınız.
- Kullanılan nüve cinsine göre bobinleri sınıflandırarak her biri hakkında bilgi veriniz.

18. 4, 6, 10 ohmluk üç direnç seri bağlıdır. Devrenin toplam direncini hesaplayınız.

19.  $R_1 = 8 \text{ ohm}$ ,  $R_2 = 8 \text{ ohm}$ ,  $R_3 = 2 \text{ ohm}$ ,  $R_4 = 4 \text{ ohm}$  değerlerine sahip dört direnç paralel bağlanmıştır. Toplam devre direncini bulunuz.

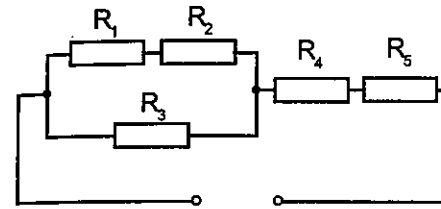
20.



$$\begin{aligned} R_1 &= 7 \text{ ohm} & R_2 &= 5 \text{ ohm} \\ R_3 &= 2 \text{ ohm} & R_4 &= 4 \text{ ohm} \end{aligned}$$

Şekildeki devrenin toplam direncini hesaplayınız.

21.



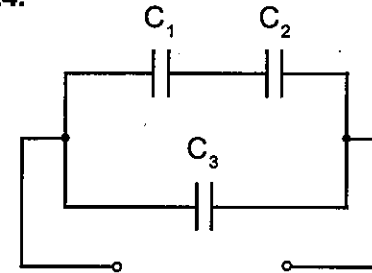
$$\begin{aligned} R_1 &= 1 \text{ ohm} & R_2 &= 3 \text{ ohm} \\ R_3 &= 4 \text{ ohm} & R_4 &= 8 \text{ ohm} \\ R_5 &= 6 \text{ ohm} \end{aligned}$$

Şekildeki devrenin toplam direncini hesaplayınız.

22. 2, 3, 6  $\mu F$  'lık üç kondansatör seri bağlıdır. Toplam kapasiteyi bulunuz.

23. 8, 2, 5  $\mu F$  'lık üç kondansatör paralel bağlıdır. Toplam kapasiteyi bulunuz.

24.



$$\begin{aligned} C_1 &= 3 \mu F \\ C_2 &= 6 \mu F \\ C_3 &= 4 \mu F \end{aligned}$$

Şekilde verilen devrenin toplam kapasitesini bulunuz.

# YARI İLETKENLER

## HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

1. Atomun yapısının güneş sistemi ile benzerliğini araştırınız.
2. Elektrik iletken (iletken), yalıtkan (yalıtkan) ve yarı iletken olarak sınıflandırılarak yarı iletken maddelerin özelliklerini araştırınız.
3. Atom yapısında dolaşabilecek bağ geçişlerini araştırınız.
4. Kalkınmış maddelerin yarı iletkenleri araştırınız.

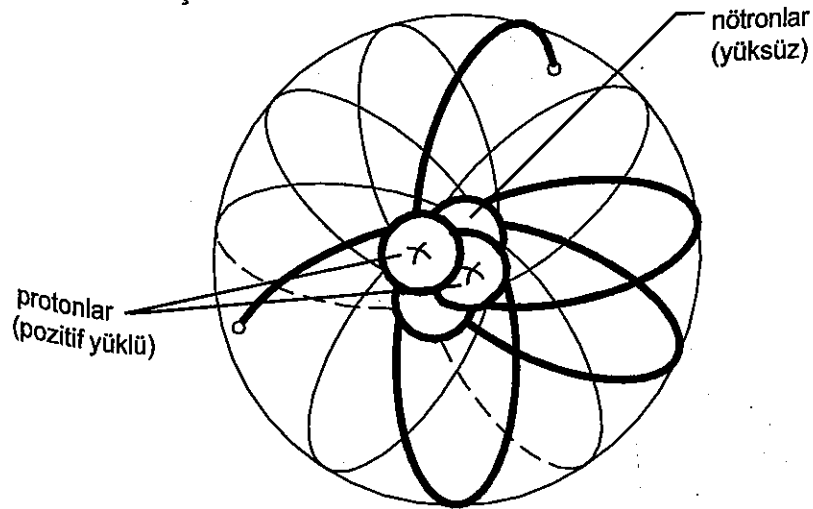
## 2.1 Atomun Yapısı

Basit maddenin özelliklerini taşıyan en küçük parçasına **atom** denir. Atom başlıca **iki** bölümden meydana gelir :-

1. Çekirdek
2. Elektronlar

### 2.1.1 Çekirdek

Atomun merkezinde bulunur. Pozitif (+) yüklü protonlar ile yüksüz nötronlardan oluşur.

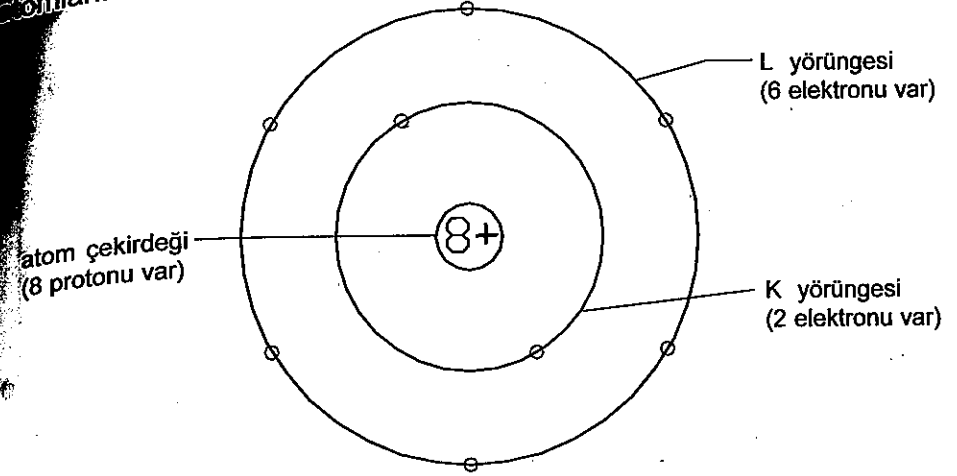


Şekil 2.1 : Çekirdek

Proton sayısı, o basit maddenin atom numarasını verir. Örneğin, helyum atomunda iki proton olduğundan atom numarası 2'dir. Proton ve nötron sayılarının toplamı o atomun kütle numarasını verir.

### 2.1.2 Elektronlar

Çekirdek etrafındaki yörüngelerde dolaşırlar. Elektronlar (-) yüklüdür. Bir atomun elektronlarının bulunduğu en dış yörüngesine **valans yörünge**, son yörüngedeki elektronlara da **valans elektronları** denir. Bu elektronların elektriksel davranışlarında önem taşır.



Şekil 2.2 : Atom çekirdeği ve elektronlar

Atomda içten dışa doğru her yörüngede bulunması gereken elektron sayısı  $2n^2$  formülü ile hesaplanır. Burada ; n : Çekirdekte dışa doğru yörünge sıra numarasıdır. Buna göre 1. yörüngede  $2 \cdot 1^2 = 2$  elektron, 2. yörüngede  $2 \cdot 2^2 = 8$  elektron bulunur.

Valans elektron sayısına göre basit maddeler üç ana gruba ayrılır.

Bunlar :

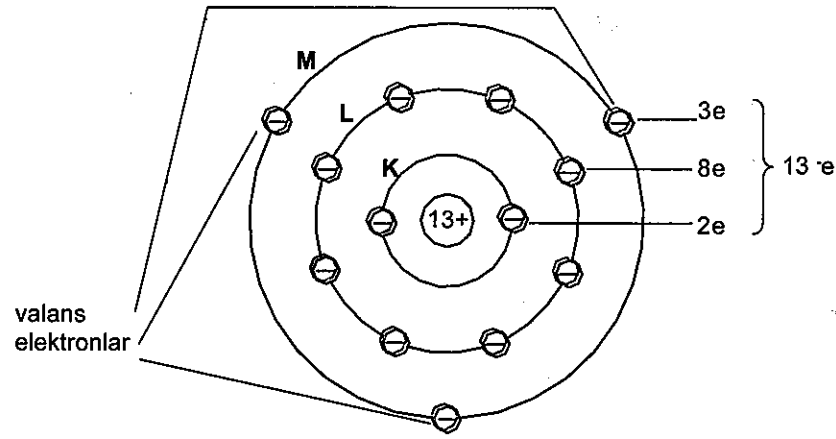
1. İletkenler
2. Yalıtkanlar
3. Yarı iletkenler

#### 2.1.2.1 İletkenler

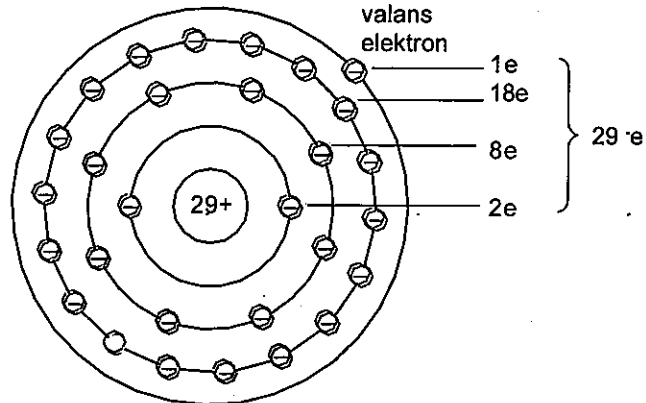
Son yörüngesindeki elektron sayısı 4'ten az olan basit maddelere **iletken** denir. Bütün metaller iletkenlerdir ve elektrik akımını iletir. Valans elektron sayısı ne kadar az ise o maddenin iletkenliği o kadar yüksektir.



İletkenlerin son yörüngelerinde bulunan valans elektronlar yörüngelerinden çok kolay bir şekilde ayrılabilir.



Şekil 2.3 : Alüminyum atomunda elektronların yörüngelere dağılışı



Şekil 2.4 : Bakır atomunda elektronların yörüngelere dağılışı

### 2.1.2.2 Yalıtkanlar

Son yörüngesindeki elektron sayısı 4'ten fazla olan basit maddelere **yalıtkan** denir. Yalıtkanlar, elektrik akımına karşı büyük direnç gösterirler. Cam, porselen, plastik, kauçuk vb. maddeler yalıtkanlardır.

### 2.1.2.3 Yarı iletkenler

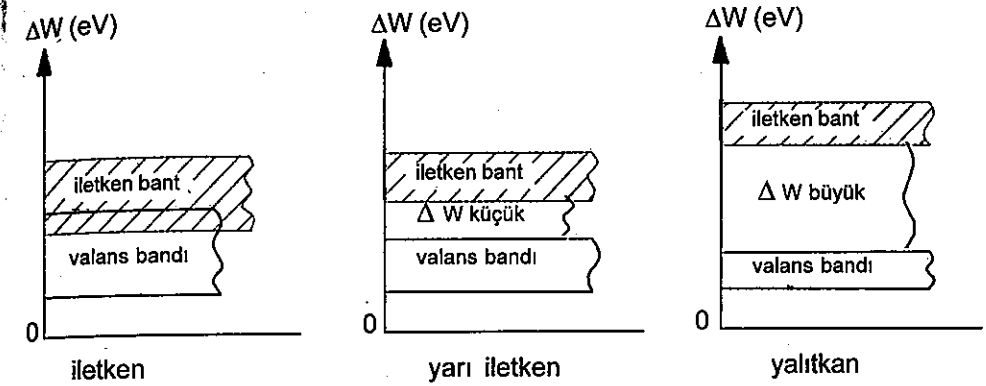
Son yörüngesindeki elektron sayısı 4 olan basit maddelere **yarı iletken** denir. Yarı iletkenlerin iletkenlik ve yalıtkanlık özellikleri iyi değildir. En çok

kullanılan yarı iletkenler: silisyum, germanyum, selenyum, sülfür, bakır oksit, çinko oksit, kurşun sülfür, kadmiyum sülfürdür.

## 2.2 Enerji Seviyeleri ve Bant Yapıları

Bir maddeyi iletken hâle getirebilmek için dışarıdan bir enerji uygulanması gerekir. Bu enerji miktarı 3 ayrı enerji bandının oluşmasını sağlar.

- 1- İletkenlik bandı
- 2- Yasak bant ( $\Delta w$ )
- 3- Valans bandı



Şekil 2.5 : İletken, yarı iletken ve yalıtkanlarda enerji bant diyagramları

Şekil 2.5'te yalıtkan, yarı iletken ve iletkenlerde enerji bant diyagramları görülmektedir.

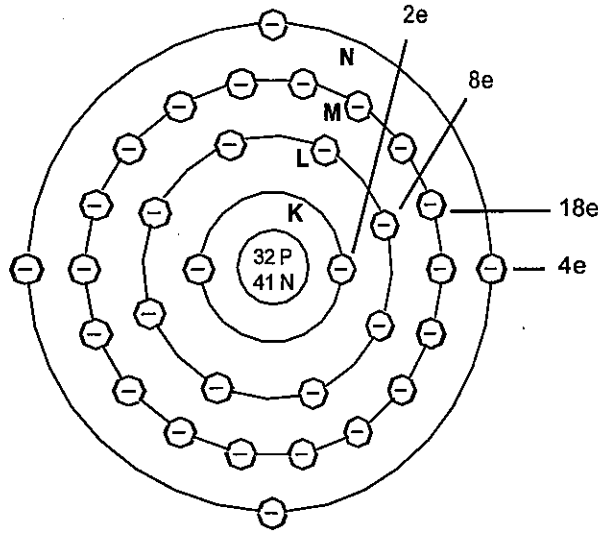
Yalıtkanlarda, valans bandındaki elektronların iletkenlik bandına geçebilmesi için  $\Delta w$  kadar bir enerji uygulanmalıdır. Bu enerji çok büyük olduğundan çoğu zaman bu olay gerçekleşmez.

Yarı iletkenlerde, valans bandındaki elektronların iletkenlik bandına geçebilmesi için küçük bir  $\Delta w$  enerjisinin uygulanması yeterlidir.  $\Delta w$  enerjisini alan elektron, valans bandından kurtulup yasak bandı geçerek iletkenlik bandına ulaşır.

İletkenlerde yasak bant yoktur. Valans bantı iletim bantı ile iç içedir.

## 2.3 Saf ( Katkısız ) Germanyumun Kristal Yapısı ve Kovalent Bağ

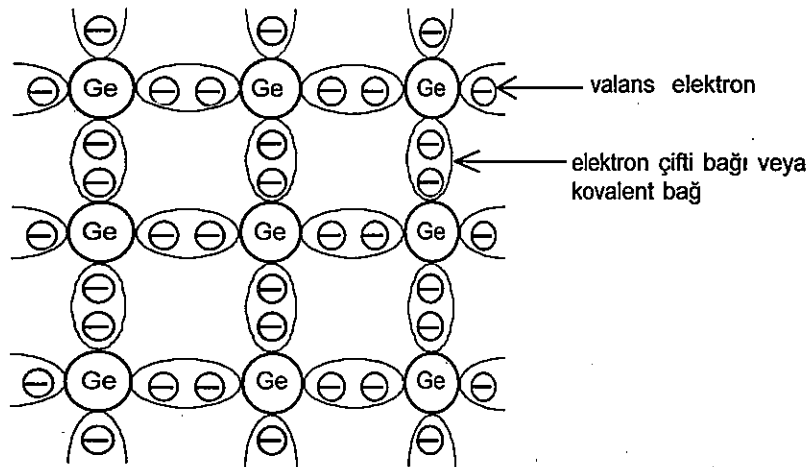
Atom çekirdeğinde 32 proton, 41 nötron vardır. Çekirdek etrafındaki 4 eliptik yörüngede toplam 32 elektron bulunur. Son yörüngesinde 4 valans elektronu vardır.



Şekil 2.6 : Germanyumun atom yapısı

### 2.3.1 Kovalent bağ

Her valans elektron, komşu atomun valans elektronu ile bağlanmış gibi hem kendi hem de komşu atomun çekirdeği etrafında döner. Her iki germanyum atomu, birer ortak elektron çiftine sahiptir. Buna **elektron çifti bağı ( kovalent bağ )** denir. Elektron çifti bağı basit olarak valans elektronlarla gösterilir.



Şekil 2.7 : Germanyum kristali

## 2.4 Yarı İletkenlerde Katkı Maddeleri

Yarı iletken maddeye dışarıdan yabancı bir madde katılırsa iletkenliği katılan maddenin özelliğine göre oldukça değişir. Yarı iletken kristalin her 16 gramına, 1 gramın milyonda biri kadar yabancı madde atomu katılmalıdır.

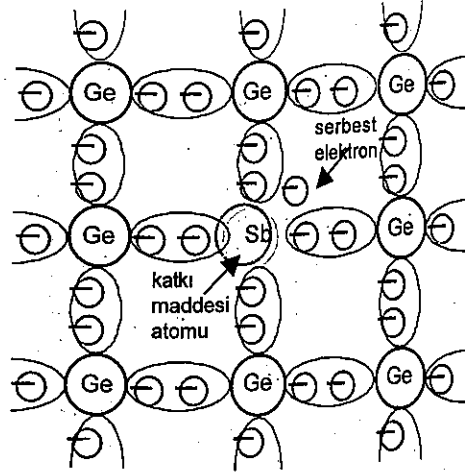
Tablo 3.1 : Elektronların çeşitli enerji seviyelerindeki dağılışı

Element	Atom No	Birinci Yörünge	İkinci Yörünge	Üçüncü Yörünge	Dördüncü Yörünge	VALANS ELEKTRON
Bor	5	2	3			
Karbon	6	2	4			
Silisyum	14	2	8	4		
Bakır	29	2	8	18	1	
Galyum	31	2	8	18	3	
Germanyum	32	2	8	18	4	
Arsenik	33	2	8	18	5	
Selenyum	34	2	8	18	6	

### 2.4.1 Saf olmayan (katkılı) germanyumun kristal yapısı

#### 2.4.1.1 N tipi yarı iletkenler

4 valans elektronlu germanyum kristali içerisine 5 valans elektronlu bir yabancı atom ( azot, fosfor, arsenik, antimuan v b. ) katılır. Yabancı atomun 4 valans elektronu, germanyumun 4 valans elektronu ile kovalent bağ oluşturur. Yabancı atomun 5. valans elektronu, serbest elektron olarak kalır. Bu elektronun atomdan ayrılması kolay olduğundan akım taşıyıcı olarak kullanılabilir. Bu elektronu koparabilmek için 0,01 eV (1 elektronvolt =  $1,6 \times 10^{-19}$  joule ) yeterlidir.



Şekil 2.8 : Germanyuma beş valans elektronlu Sb katılması

Bu elektron kendi atomundan uzaklaştığında daha önce nötr olan atomu, pozitif iyon hâline getirir. Akım taşıma görevi yapan serbest elektronların (-) yükünden dolayı bu tip yarı iletkenlere **N tipi yarı iletkenler** denir.

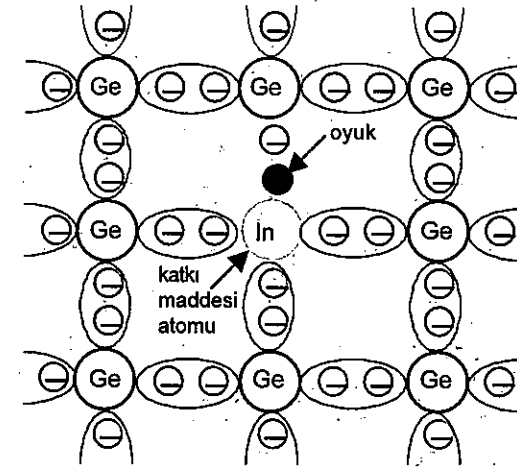
#### 2.4.1.2 P tipi yarı iletkenler

4 valans elektronlu germanyum kristali içerisine 3 valans elektronlu bir yabancı atom ( bor, alüminyum, indium, galyum, v b. ) katıldığında, yabancı atomun 3 valans elektronu germanyumun 3 valans elektronu ile kovalent bağ oluşturur.

Ancak ; germanyumun bir valans elektronu, yabancı madde atomu içinde bağ yapacak elektron bulamaz. Burada oyuk meydana gelir. Küçük bir enerji ile bu oyuk, komşu atomdan bir valans elektronu ile doldurulur. Böylece ; geride elektron veren atomda bir oyuk meydana gelir. Şekil 2.9'da görülen kristal yapı oluşur.

Kristal yapı içerisindeki oyuklar akım taşıyıcı olarak kullanılır. P tipi yarı iletken maddeye gerilim uygulandığında, bu oyuklar akım geçişini sağlarlar.

Oyuk, serbest elektron gibi elektrik akımını taşıyarak iş görmüş olur. Oyukların hareketi, elektronların hareketine zıt yöndedir. Akım taşıma işi pozitif yüklü oyuklar tarafından yapıldığından bu tip yarı iletkenlere **P tipi yarı iletkenler** denir.



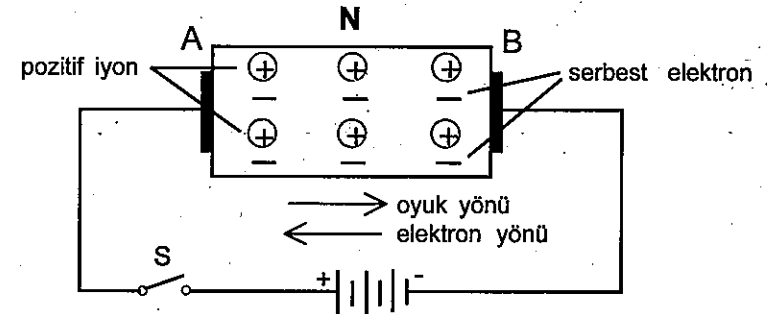
Şekil 2.9 : Germanyuma üç valans elektronlu In katılması

### 2.5 N ve P Tipi Yarı İletkenlerde Elektron ve Oyuk Hareketleri

#### 2.5.1 N tipi yarı iletkende elektron ve oyuk hareketi

N tipi yarı iletken maddelerde çoğunluk taşıyıcısı (-) negatif yüklü elektronlar, azınlık taşıyıcısı ise (+) pozitif yüklü iyonlardır.

Şekil 2.10'daki devrede S anahtarı kapatıldığında, üretcin (+) kutbu N tipi yarı iletkendeki (-) negatif yüklü çoğunluk taşıyıcısı elektronları çeker. Elektronlardan boşalan yerler, elektron kaybettiğinden pozitif yüklü oyuk durumuna dönüşür.

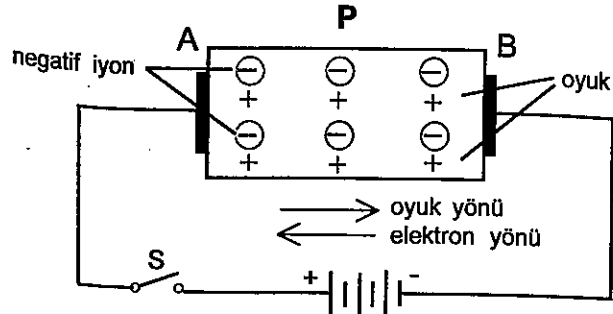


Şekil 2.10 : N tipi yarı iletkende elektron ve oyuk hareketi

Diğer taraftan üretcin (-) negatif kutbu N tipi yarı iletkendeki çoğunluk taşıyıcısı (-) negatif yüklü elektronları iter. Böylece N tipi yarı iletken maddenin A ucundan çıkan elektronlar, S anahtarı ve üreteç üzerinden B ucuna ulaşır. Bu olay sürekli olarak devam eder.

## 2.5.2 P tipi yarı iletkende elektron ve oyuk hareketi

P tipi yarı iletken maddelerde çoğunluk taşıyıcısı (+) pozitif yük taşıyıcıları, azınlık taşıyıcısı ise (-) negatif yüklü iyonlardır. Şekil 2.11'deki devrede S anahtarı kapatıldığında üretimin (+) pozitif yük taşıyıcısı (+) pozitif yüklü oyukları iter. Oyuklardan boş elektronlar doldurur.



Şekil 2.11 : P tipi yarı iletkende elektron ve oyuk hareketi

Diğer taraftan üretimin negatif kutbu, P tipi yarı iletkendeki çoğunluk taşıyıcısı (+) pozitif yüklü oyukları çeker. Böylece S anahtarı üzerinden sürekli bir akım dolaşımı sağlanmış olur.

### DEĞERLENDİRME ÇALIŞMALARI

1. Atomun tanımını yaparak, yapısı hakkında bilgi veriniz.
2. Bir atomun yörüngelerinde bulunması gereken elektron sayısını hakkında bilgi veriniz.
3. İletken, yalıtkan, yarı iletken terimlerini tanımlayınız.
4. Enerji bandı nedir? Özellikleri nelerdir?
5. Germanyumun kristal yapısı hakkında bilgi veriniz.
6. Kovalent bağ nedir? Şekil çizerek açıklayınız.
7. P tipi yarı iletken madde nasıl elde edilir? Özellikleri nelerdir?
8. N tipi yarı iletken madde nasıl elde edilir? Özellikleri nelerdir?
9. N tipi yarı iletken maddedeki elektron ve oyuk hareketlerini çizerek açıklayınız.
10. P tipi yarı iletken maddedeki elektron ve oyuk hareketlerini çizerek açıklayınız.

## DIYODLAR

### TEORİK ÇALIŞMALARI

Yarı iletken yönlü trafik uygulamasını inceleyiniz. Neden gerekli olduğunu araştırınız? Bulduğunuz sonuçlarla diyodların ne işe yaradığını konusundaki ilişki kurmaya çalışınız. Farklı konularda kullanılan lambalarla LED diyodları inceleyiniz. Aradaki farkları araştırınız. Farklı şekillerde benzer şekilde diyodların da seri ve paralel bağlanması gibi faydalar sağlanabileceğini araştırınız.

### 3.1 Diyodun Temel Yapısı

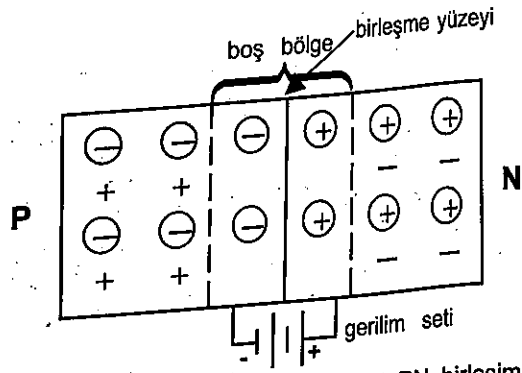
Alternatif akımı doğru akıma çevirmek için kullanılan elektronik devre elemanlarıdır. Değişik alanlarda sayısız kullanım yerleri vardır. Germanyum ve silisyum olmak üzere iki tipte imal edilir. Bir P tipi ve bir N tipi yarı iletken birleştirilerek imal edilir. Şekil 3.1'deki genel sembolünde görüldüğü gibi anot (A) ve katot (K) olarak iki ucu vardır.



Şekil 3.1 :  
Diyod sembolü

#### 3.1.1 Polarmasız P-N yüzey birleşmesi

P-N tipi iki yarı iletkeni birleştirilim. Elde edilen PN birleşimi elemana diyod denir. Bu eleman, akımı tek yönde geçirir. PN birleşmesinde N tipi maddedeki serbest elektron taşıyıcıları P tipi maddeye geçmek ister. Aynı şekilde P tipi maddedeki oyuklar da N tipi maddeye geçmek ister. Birleşme yüzeyinde elektronlar, oyukları doldurarak birbirlerini yok ederler. Geriye azınlık taşıyıcıları kalır. Bunlar birleşme yüzeyinde bir pil' gibi gerilim seti meydana getirirler.



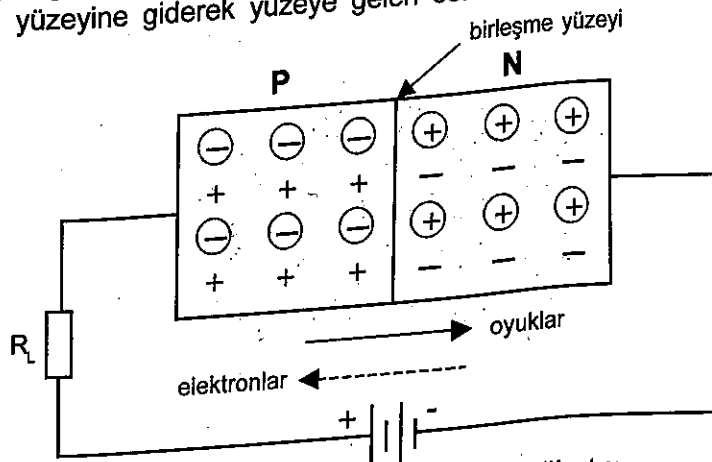
Şekil 3.2 : Birleşme yüzeyindeki PN birleşimi

### 3.1.2 Polarmalı PN yüzey birleşmesi

#### 3.1.2.1 Doğru polarma

P-N birleşmesindeki P tipi yarı iletken maddeye doğru gerilim kaynağının (+) pozitif ucu, N tipi yarı iletken maddeye (-) negatif ucu bağlanırsa buna **doğru polarma** denir.

Üretecin pozitif kutbu P tipi yarı iletken maddedeki oyukları birleşme yüzeyine doğru iter; N tipi yarı iletken maddedeki serbest elektronları kendine doğru çeker. Benzer şekilde üretecin negatif kutbu N tipi yarı iletken maddedeki serbest elektronları birleşme yüzeyine doğru iter; P tipi yarı iletken maddedeki oyukları kendine doğru çeker. N tipi maddedeki serbest elektronlar birleşme yüzeyini geçerek P tipi maddedeki oyukları doldurur. Üretecin pozitif kutbuna yakın elektronlar bağdan koparak, pozitif uca doğru giderler. Bu durumda; P tipi maddedeki boşta kalan oyuklar, birleşme yüzeyine giderek yüzeye gelen serbest elektronlarla birleşir.

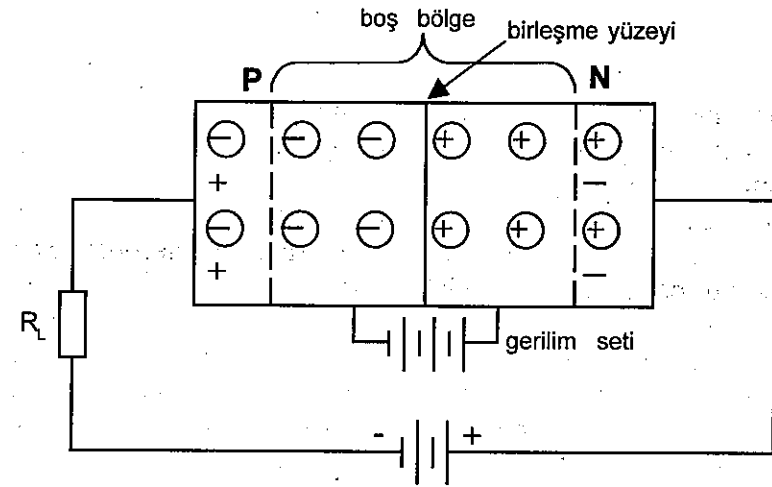


Şekil 3.3 : Diyodların doğru polarma bağlantısı

Serbest elektronlar, üretecin (-) kutbundan (+) kutbuna doğru hareket ederek devresini tamamlar. Oyuklar ise üretecin (+) kutbundan (-) kutbuna doğru hareket eder. Uygulamada oyukların hareket yönü diyod akım yönü olarak kabul edilir. Doğru polarmada gerilim seti ortadan kalkar. Diyodların doğru polarmada dirençleri küçülür. Silisyum diyodlar 0,7 volt, germanyum diyodlar 0,3 voltta iletme geçerek devreden akım akışına izin verir.

#### 3.1.2.2 Ters polarma

P-N birleşmesindeki P tipi yarı iletken maddeye doğru gerilim kaynağının (-) negatif ucu, N tipi yarı iletken maddeye (+) pozitif ucu bağlanmasına **ters polarma** denir.



Şekil 3.4 : Diyodların ters polarma bağlantısı

Üretecin pozitif kutbu N tipi yarı iletken maddedeki serbest elektronların bir miktarını kendine doğru çeker. Birleşme yüzeyine yakın kısımlarda (+) yüklü iyonlar kalır. Üretecin negatif kutbu P tipi yarı iletken maddedeki oyukların bir miktarını kendine doğru çeker. Birleşme yüzeyine yakın kısımlarda (-) yüklü iyonlar kalır. Birleşme yüzeyine yakın kısımlarda bulunan (+) ve (-) yüklü iyonlar, azınlık akım taşıyıcılarıdır. PN birleşimine uygulanan ters polarma gerilimi etkisiyle, aradaki gerilim seti büyür. Bu olay elektron geçişini azaltır. Devreden çok küçük ( $\mu A$ ) bir sızıntı akımı geçer. Üreteç gerilimi artırılırsa gerilimin belirli bir değerinde hız kazanan azınlık akım taşıyıcıları nedeni ile akım aniden artmaya başlar. Bu anda kristal yapı bozularak PN birleşimi iletken hâle gelir. Gerilimin bu andaki değerine **zener gerilimi** ( $V_z$ ) veya **kırılma gerilimi** denir. Diyodların ters polarmada dirençleri çok yüksektir.

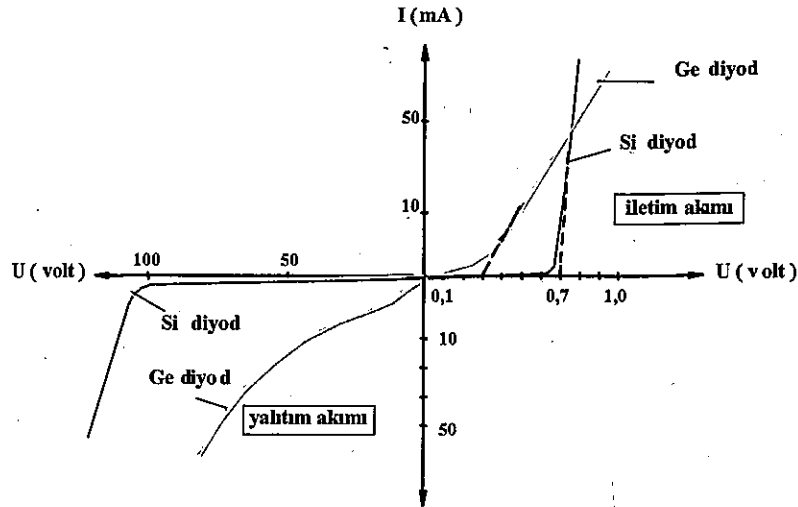
### 3.2 Diyod Çeşitleri ve Yapıları

Diyodlar germanyum ve silisyumdan imal edilir. Yapıldıkları malzemeye göre germanyum ve silisyum diyodlar olarak iki sınıfa ayrılır. Kullanım alanlarına göre ise aşağıdaki sınıflara ayrılır:

1. Kristal diyodlar
2. Zener diyodlar
3. Tünel diyodlar
4. Işık yayan diyodlar (LED)
5. Foto diyodlar
6. Varikap (ayarlanabilir kapasiteli) diyodlar
7. Shockley diyodlar
8. Mikrodalga diyodlar
  - a. Gunn diyodlar
  - b. P - I - N .diyodlar
  - c. Impatt diyodlar
  - ç. Anî toparlanmalı ( step - recovery ) diyodlar
  - d. Baritt ( schotky ) diyodlar
- 9- Köprü diyodlar

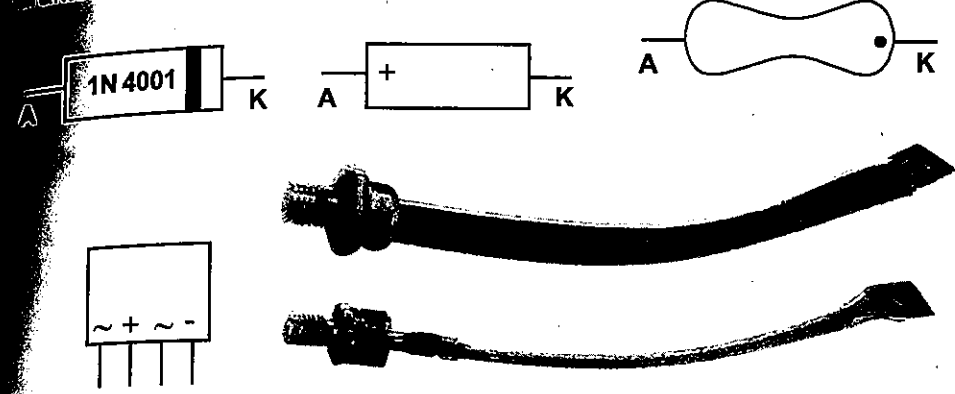
#### 3.2.1 Kristal diyod ve karakteristiği

Kristal diyodlar, doğru polarmada küçük bir gerilim ( 0,7 v ) ile iletme geçerler. Ters polarmada ise diyod yalıtıktır. Ters polarmada gerilim çok artırılırsa diyod aniden iletme geçer ( delinir ). Bu durumda diyod kullanılmaz hâle gelir.



Şekil 3.5 : Silisyum ve germanyum diyodların doğru ve ters polarma karakteristikleri

Şekil 3.5'te Silisyum ve germanyum diyodların doğru ve ters polarma karakteristik eğrileri görülmektedir.



Şekil 3.6 : Çeşitli diyodlar ve uç işaretleri

Şekil 3.6' da görüldüğü gibi diyodların doğru polarmasında, üretcin (+) kutbunun bağlandığı uca anot, (-) kutbunun bağlandığı uca katot denir. Plâstik kılıflı diyodlarda katot ucu genellikle gümüş rengi bir bant ile, metal kılıflı olanlarda üzerine çizilen diyod sembolü ile gösterilir. Bu uçlar diyodlarda çeşitli metotlarla belirtilir.

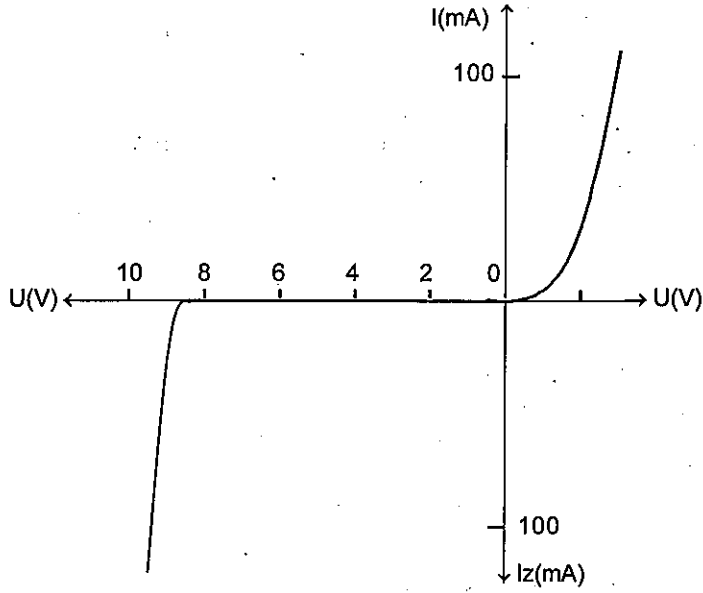
#### 3.2.2 Zener diyod ve karakteristiği

Ters polarma gerilimi altında sabit çıkış gerilimi veren gerilim regülasyonunda kullanılan diyodlardır. Şekil 3.7 'de zener diyodun devre çizimlerinde gösterilişi verilmiştir.



Şekil 3.7 : Zener diyod sembolleri

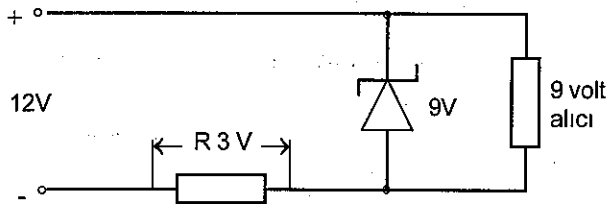
Normal diyodlara göre P ve N tipi yarı iletkenlerdeki katkı maddeleri oranı daha yüksektir. Zener diyoda uygulanan gerilim arttıkça diyod büyük bir direnç gösterir ve  $\mu A$  seviyesinde akım geçirir. Bu gerilimin belirli bir değerinde aniden diyoddan ters yönde akım geçmeye başlar. Bu gerilimin değerine **zener gerilimi** denir. Gerilim arttırmaya devam edilirse akım da artar. Ancak zener uçlarındaki gerilim değişmez, sabit kalır. Oysa normal bir diyod ters polarma altında zener geriliminden sonra delinir. Bir daha görev yapamaz.



Şekil 3.8 : Zener diyod karakteristik eğrisi

Şekil 3.8' de zener diyod karakteristik eğrisi görülmektedir. Zener diyodların ters polarmada iletme geçme gerilimleri farklı imal edilir (3V, 4,5V, 6V, 7,5V, 9V, 12V vb) . Ters polarma gerilimi üzerinde yazan gerilime geldiğinde iletme geçerler. Düz polarmada ise ters polarma gerilimi farklı olan bütün silisyum zener diyodlar 0,6-0,8 voltta iletme geçerler. Ohmmetrelerle sağlamlık kontrolü normal diyodlarda olduğu gibi yapılır. Zener diyodlar, gerilim regülasyonunda, ölçü aletlerinin ölçme alanlarının genişletilmesinde ve gerilim ayarında sık kullanılır.

Şekil 3.9 ' da zener diyodun devreye bağlantısı görülmektedir.



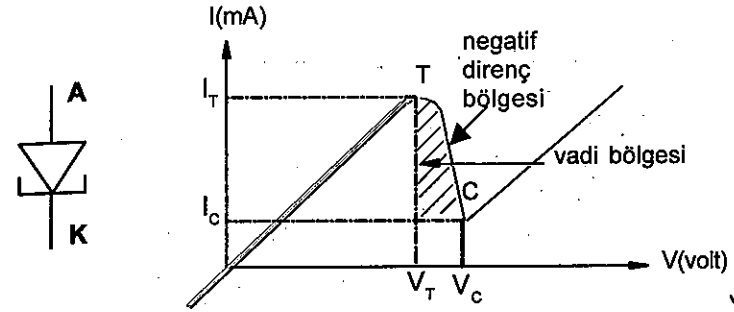
Şekil 3.9 : Zener diyodun devreye bağlantısı

Şekildeki devreye 9 voltluk zener diyod bağlanmıştır.12 volt gerilim uyguladığımızda zener diyoddan bir akım geçer. Geçen akım R direncinde 3 voltluk bir gerilim düşümü oluşturur. 12 volt olan besleme geriliminin 3 voltu direnç üzerinde düşerken 9 voltu zener diyod uçlarında bulunur.

### 3.2.3 Tünel diyod ve karakteristiği

Ters polarma geriliminde içinden büyük akımlar geçirilebilen diyodlardır. P ve N tipi maddeler elde edilirken katkı maddesinin oranı fazla tutularak yapılırlar. Özellikle çok yüksek gigahertz seviyesindeki frekanslarda kullanılırlar.

Şekil 3.10 ' da tünel diyod sembolü ve çalışma grafiği görülmektedir.



Şekil 3.10 : Tünel diyod sembolü ve çalışma grafiği

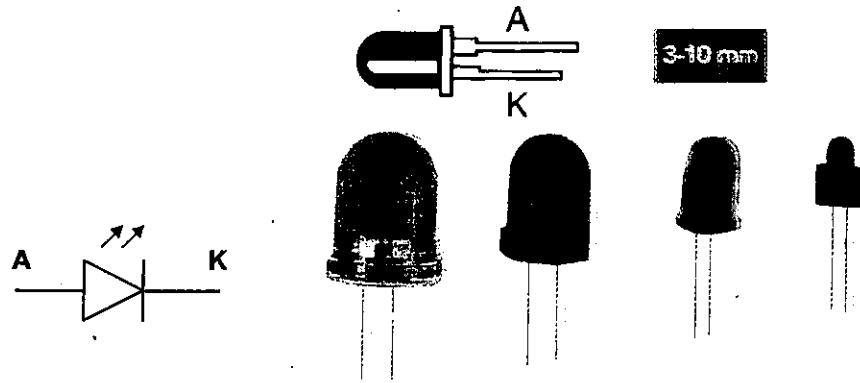
Diyod, doğru polarmada katot - anot yönünde akım geçirir. Gerilimin değeri  $V_T$  noktasına kadar artırılırken akım da artarak  $I_T$  seviyesine gelmektedir. T noktasından sonra gerilim artsa bile, akım azalmaya başlar. Negatif değerli direnç gibi davranır. Bu durum C noktasına kadar devam eder. C noktasından sonra diyod, normal diyod gibi çalışır. Diyoda uygulanan gerilim C noktasını geçerse diyod delinir. Tünel diyod bu bölgede çalıştırılmaz. TC arası diyodun çalışma bölgesidir.

Tünel diyodlar, radyoaktivite ve ısı gibi dış etkilere karşı çok duyarlıdır. Multivibratör, yükselteç ve osilatör devrelerinde kullanılır.

### 3.2.4 Işık yayan diyod ( LED )

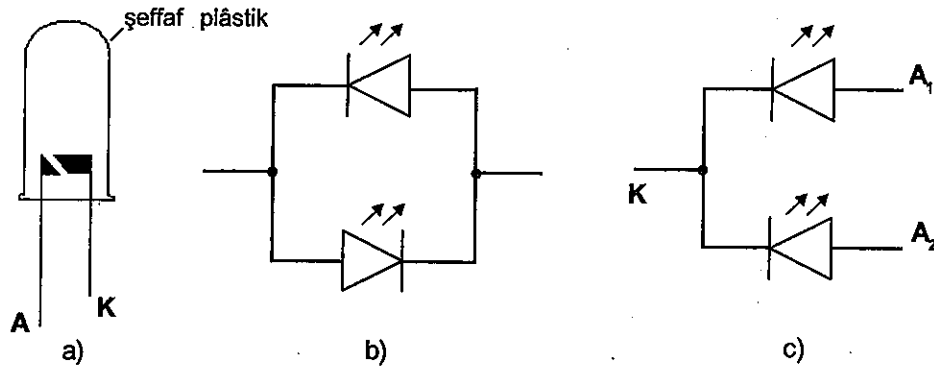
Doğru polarma gerilimi altında çalışırlar. Değişik renk ve gerilimlerde imâl edilirler. Renklerine göre diyodların en düşük çalışma gerilimleri ; kırmızı için 1,5 volt , sarı için 1,8 volt, yeşil için 2,2 voltur. Genellikle 5 voltun üzerindeki gerilimlerde bozular.

Resim 3.1 ' de LED diyod sembolü ve görünüşü görülmektedir. LED diyodların çalışma akımları 10 mA ile 80 mA arasında imalât kalitesine göre değişmektedir. LED diyodların renkleri katkı maddelerinin oranına bağlı olarak elde edilir. Örneğin, Galyum-Fosfat (GaP) yeşil ve sarı ışık, Galyum-Fosfat içine Çinko oksit ilâve edilirse kırmızı ışık , Galyum-Arsenik (GaAs) kızıl ötesi yani gözle görülmeyen ışık verir.



Resim 3.1 : LED diyod sembolü ve görünüşü

LED diyodlar, değişik büyüklük ve şekillerde yapılabildiği gibi iki veya üç renkli olanları da vardır. İki renkli LED diyodlarda aynı muhafaza içerisinde birbirine ters bağlı iki LED diyod yerleştirilmiş olup kırmızı-yeşil, sarı-yeşil gibi renkleri vardır. İki ayrı LED diyodun katot uçları birleştirilip, anod uçları ayrı olacak şekilde bir muhafaza içine alınırsa üç renkli LED diyodlar elde edilir. Bu LED diyodların renkleri kırmızı, yeşil veya ikisi birlikte yandığında sarı olur. Şekil 3.11 'de LED diyod yapısı ile iki renkli ve üç renkli diyod bağlantıları görülmektedir.

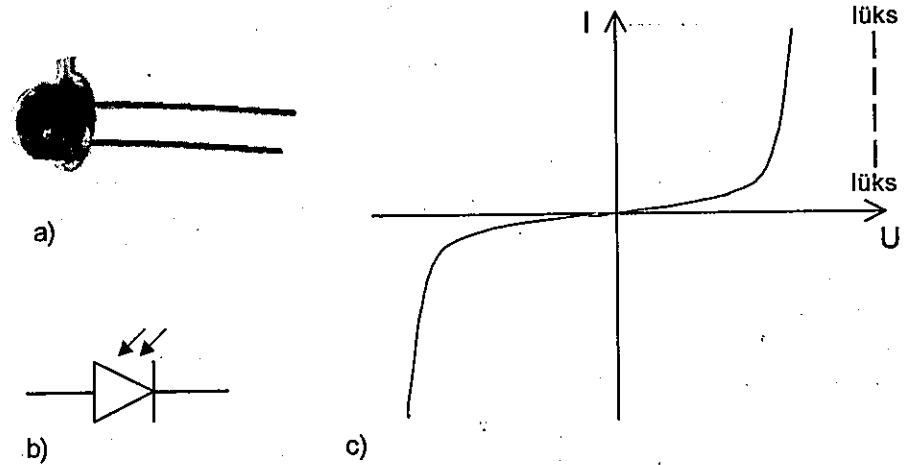


Şekil 3.11 : a. LED diyod yapısı b. İki renkli LED c. Üç renkli LED

LED diyodlara, doğru polarma gerilimi verildiğinde N tipi yarı iletken den P tipi yarı iletkene doğru elektron akışı olur. P tipi yarı iletken den N tipi yarı iletkene doğru ise oyuk akışı olur. Bu hareket esnasında açığa çıkan enerji ısı, ışık yayılmasına neden olur. Şekil 3.11.a'daki gibi PN birleşimi şeffaf bir kılıfla kaplandığından enerji, ışık olarak dışarıya yayılır.

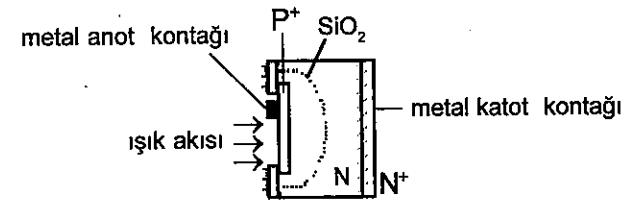
### 3.2.5 Foto diyodlar

Ters polarma gerilimi ile çalışır. PN birleşme yüzeyine gelen ışık şiddeti ile doğru orantılı olarak direnci azalır; akımı artar. Foto diyod görünüşü, sembolü ve karakteristiği şekil 3.12'de görülmektedir. Normal diyodlar ile arasındaki fark PN birleşme yüzeyinin aydınlatılmasıdır. Birleşme yüzeyinde küçük bir gerilim seti oluşur. PN birleşme yüzeyi aydınlatıldığında gerilim seti küçülür sızıntı akımı akmaya başlar. Işık şiddeti arttığında karakteristik eğride görüldüğü gibi büyük akım akmaya başlar.



Şekil 3.12 : Foto diyod a.görünüşü b.sembolü c.karakteristiği

Şekil 3.13' te foto diyodun yapısı görülmektedir. Silisyumdan üretilen foto diyodların PN geçişlerindeki P iletkenin içerisindeki yabancı madde miktarı artırılmıştır.



Şekil 3.13 : Foto diyodun yapısı

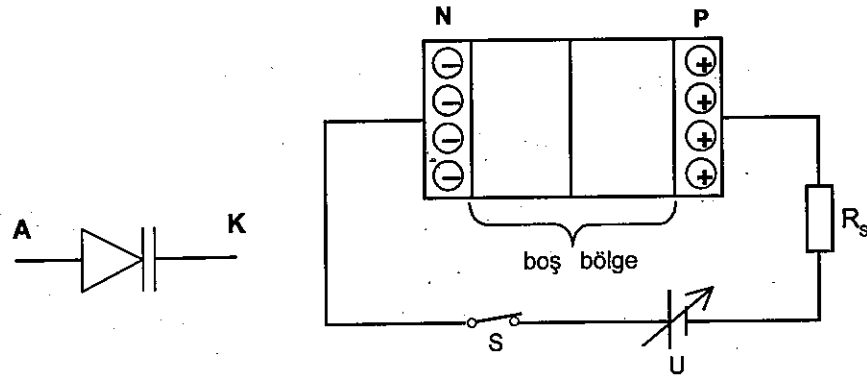
Birleşme yüzeyine gelen ışık şiddetinin etkisini artırmak için, diyod yüzeyine mercek sistemi yerleştirilmiştir. Birleşme yüzeyine ışık düşmediği sürece yalıtıcıdır. Işık düştüğünde ise birleşme yüzeyindeki oyuklar ve serbest elektronlar artarak akımın ters yönde artmasını sağlar.



Foto diyodlar ışığa karşı çok duyarlıdır. Bu yüzden lüksmetrelerde, elektronik alârm devrelerinde, optik sayıcılarda, bilgisayarlarda, fotoğraf makinelerinde ve kameralarda mesafe ayarında; sinema makinelerinde ise sesin elde edilmesinde kullanılır.

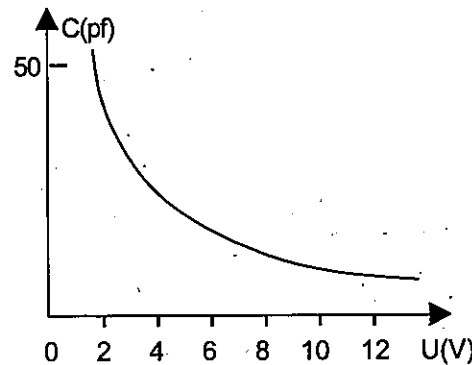
### 3.2.6 Varikap ( ayarlanabilir kapasiteli ) diyodlar

Ters polarma gerilimi altında çalışırlar. P ve N tipi maddeler yan yana getirilmiştir. Aralarındaki gerilim seti, kondansatör gibi iki iletken levha arasında yalıtkan madde görevi yapar. Diyod uçlarına uygulanan gerilim ile kapasitesi ters orantılı olarak değişir.



Şekil 3.14 : Varikap diyodun sembolü ve yapısı

Şekil 3.14 'te varikap diyodun sembolü ve yapısı görülmektedir. Uçlarına uygulanan ters gerilim artırılırsa P maddesindeki oyuklar ile N maddesindeki elektronlar birbirinden uzaklaşır, aralarındaki boş bölge büyür. Varikap diyoda uygulanan ters gerilimin değişmesi ile kapasitesi ters orantılı olarak değişmektedir. Şekil 3.15 'teki karakteristik eğrisinde görüldüğü gibi varikap diyoda uygulanan ters gerilim arttıkça kapasitesi azalmaktadır. Ters gerilim azaldıkça boş bölge daralacağından kapasite artmaktadır.



Şekil 3.15 : Varikap diyodun karakteristik eğrisi

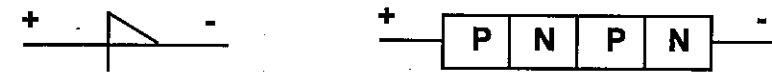
Varikap diyodlar FM alıcı ve verici devrelerinde, T V 'lerde tuner katlarında yayın seçici rezonans frekansının otomatik ayarında kullanılır. En çok kullanılan varikap diyodlara örnek olarak ; BB105, BB113, BB121, BB124, BB139, BB510 gösterilebilir.

### Diğer Diyodlar

#### 3.2.7 Shockley diyodlar

PNPN yüzey birleşimi ile meydana getirilmiştir. Bu yüzden 4 katmanlı diyod da denir.

Şekil 3.16 'da Shockley diyod sembolü ve yapısı verilmiştir.



Şekil 3.16 : Shockley diyod sembolü

Doğru polarmada belirli bir gerilime kadar diyodun iletkenliği azdır. Bu durumda diyod ters polarma gerilimi altında çalışan normal diyod özelliği gösterir. Çalışma gerilimine ulaştığında diyod çok kısa sürede iletme geçer ve uçlarındaki gerilim düşer. Gerilim belirli bir noktadan sonra tekrar yükselmeye başlar. Bu anda diyod doğru polarmalı bir diyod özelliği gösterir; direnci çok küçüktür. Diyodun son durumu çalışma süresince devam eder.

Shockley diyodlar, yüksek frekanslarda hızlı anahtarlama amacı ile kullanılır. Ayrıca düşük gerilimli ve darbeli çalışma istenen yerlerde tercih edilir.

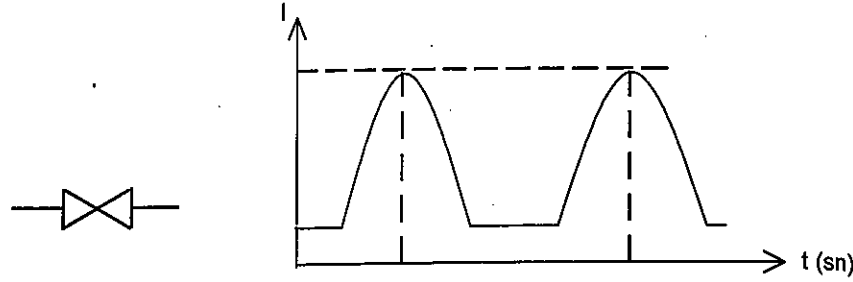
#### 3.2.8 Mikrodalga diyodlar

Gigahertz seviyesindeki yüksek frekanslarda çalışan diyodlardır. Beş çeşidi vardır :

##### 1. Gunn Diyodlar

Galyum - Arsenik (GaAs) veya İndiyum-Fosfat (In-P) 'tan yapılır. Çok yüksek frekanslarda çalışan negatif direnç bölgesine sahip diyodlardır. Osilatör elemanı olarak kullanılır. Gerilim uygulandığında belirli bir gerilim değerinden sonra diyod, periyodik olarak iletim ve yalıtım durumlarında bulunur.

Gunn diyodu sembolü ve karakteristik eğrisi şekil 3.17 'de verilmiştir.



Şekil 3.17 : Gunn diyodu sembolü ve karakteristik eğrisi

## 2. P - İ - N Diyodlar

Katkılı P ve N tipi yarı iletkenler arasına iyonlaşmanın olmadığı saf hâlde bir İ bölgesi konmuştur. Doğru polarıma altında ayarlı bir direnç ters polarmada ise sabit bir kondansatör gibi görev yapar.

Şekil 3.18 'de P - İ - N diyodun yapısı görülmektedir.

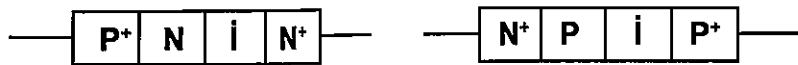


Şekil 3.18 : P - İ - N diyod yapısı

Düşük frekanslarda normal diyod gibi çalışır. Frekans yükseldikçe, İ bölgesinin doğru yön direnci küçülür; ters yön direnci büyür. P-İ-N diyodlar alçak frekanslı ses sinyalleriyle doğru polarmaları değiştirerek yüksek frekanslı radyo sinyallerinin modülasyonunda, uzaktan kumanda devrelerinde kumanda elemanı olarak ve doğru polarmada gerilim değiştirilerek zayıflatma üniteleri olarak, TV'lerin distorsiyonsuz genlik ayarı için anahtar olarak kullanılır.

## 3. Impatt (Avalanş-Çığ) Diyodlar

Yapısı şekil 3.19' da verilmiştir. Gunn diyodlarına göre, yapısında bulunan P+ ve N+ kristalleri P ve N tipi maddelerin katkı maddeleri çok artırılarak elde edilmiştir. Ayrıca gunn diyodlara göre akım ve gerilimleri daha yüksek ve güçlüdür. Çok yüksek frekanslı osilatör devrelerinde ve güç katlarında osilasyon üretmek için kullanılır.



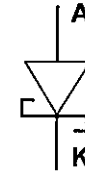
Şekil 3.19 : Impatt diyodların yapıları

## 4. Anî Toparlanmalı ( step - recovery ) Diyodlar

Giriş frekansını çıkışta dört kat veya daha fazla yükselten diyodlardır. Çok yüksek frekanslı devrelerde hızlı anahtarlama işlemi için ve frekans toplayıcı devrelerde kullanılır.

## 5. Baritt ( schottky ) Diyodlar

Yarı iletken maddenin metal ile birleşmesi esasına dayalı olarak imal edilirler. İki farklı gruptaki elemandan yapılmasından dolayı, dirençleri doğrusal (lineer) değildir. Schottky (şotki) diyodlar yüksek frekanslarda gerilimin yönü değiştiğinde hızlı tepki verirler. Bu özellikleri nedeni ile yüksek frekanslarda kullanılan bir diyod çeşididir.

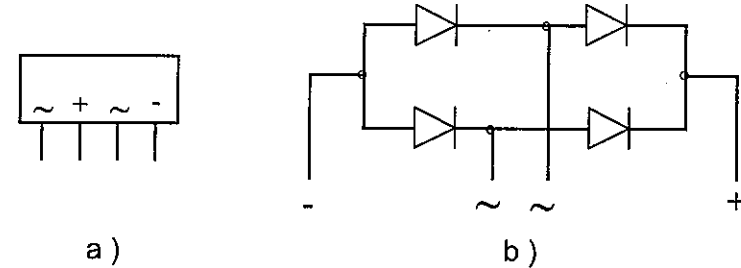


Şekil 3.20 : Schottky diyod sembolü

## 3.2.9 Köprü diyodlar

Dört adet PN birleşmeli normal diyodun aynı yapı içerisinde uygun şekilde bağlanması ile elde edilir.

Köprü diyodun dış görünüşü ve iç bağlantısı 3.21 'de görülmektedir.



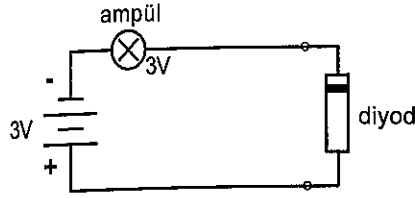
Şekil 3.21 : a. Köprü diyod dış görünüşü b. Köprü diyod iç bağlantısı

Köprü diyod üzerinde alternatif akım girişleri ve doğru akım çıkışları belirtilmiştir. Alternatif akıma bağlandığında tam dalga doğrultma yapar.

Köprü diyod üzerinde, diyodun özelliklerini belirten rakam ve harfler vardır. Örneğin, üzerinde B 20 C 320 yazan bir köprü diyodun 20 voltta çalışacağı, üzerinden geçebilecek maksimum akımın 320 mA olduğu anlaşılır.

### 3.3 Diyodların Sağlamlık Kontrolleri

#### 3.3.1 Lâmba ile kontrol



Şekil 3.23 : Diyodların lâmba ile sağlamlık kontrolü

Şekil 3.23'teki diyoda 3 voltluk bir pil ile 3 voltluk bir ampül seri bağlıdır. Ampül ışık verirse anot ucuna pilin (+) ucu, katot ucuna ise pilin (-) ucu bağlanmış olur. Ampül yanmazsa diyod uçları öncekinin tam tersidir. Pilin (+) ucu katota, (-) ucu anota bağlanmıştır. Bu bağlantı ile diyod uçları tespit edilebildiği gibi sağlamlık kontrolleri de yapılabilir. Bağlantıda ampül yanıyor ve pil uçları değiştirildiğinde yanmıyor ise diyod sağlamdır. Her iki bağlantıda da ampül yanmıyorsa diyod bozuktur. Aynı şekilde her iki bağlantıda da ampül yanmadığı takdirde diyod yine bozuktur.

#### 3.3.2 Analog avometre ile kontrol

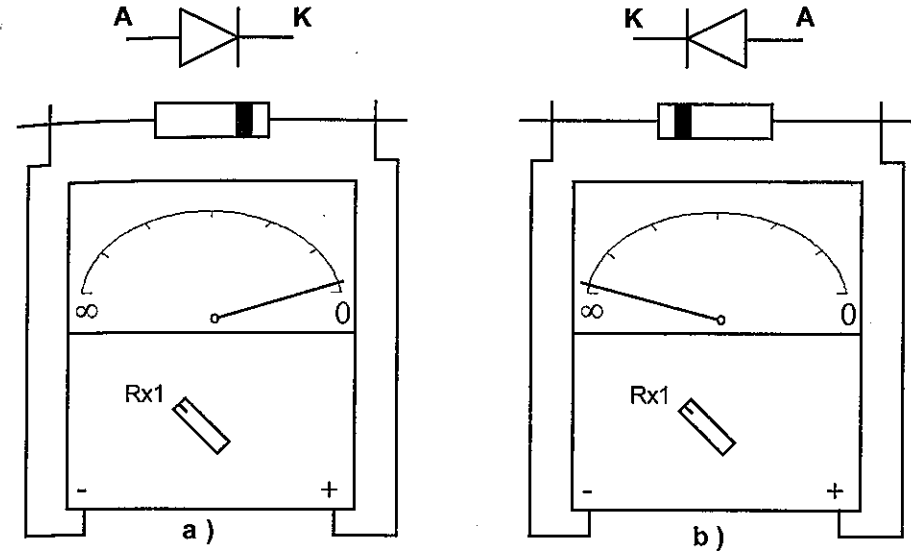
Avometrelerin bazı tiplerinde alet üzerinde yazan uç işaretleri ile içinde bulunan pilin polaritesi terstir. Bunu kontrol etmek için şu işlemler yapılmalıdır:

Ölçü aletinin skalasında  $\Omega$  (ohm) kademesinin sıfırı bir başta, A (amper) ve V (volt) kademesinin sıfırı diğer başta ise alet üzerinde yazılı polarite uçları ile pilin polaritesi terstir. Akım, gerilim ve direnç kademelerinin sıfırı skala üzerinde aynı tarafta ise alet üzerinde yazan uç işaretleri ile pilin uç işaretleri aynıdır.

Bu kontrolden sonra avometrenin direnç kademesinde (R X 1), (+) ve (-) uçlar kısa devre edilerek sıfır ayarı yapılır.

Avometre ile diyod kontrolünde şekil 3.23'teki bağlantılar yapılır.

Şekil 3.23'teki bağlantılarda pilin uçları ile avometre üzerindeki polarite uçlarının farklı olduğu kabul edilmiştir.



Şekil 3.23 : Diyodların avometre ile sağlamlık kontrolü  
a) Doğru polarma b) Ters polarma

Şekil 3.23 - a' daki bağlantıda ibre saptığına göre diyoda doğru polarmalı bir gerilim uygulanmıştır. Avometre içindeki pile göre (-) ucunun bağlandığı diyod ucu katot, (+) ucunun bağlandığı diyod ucu ise anottur. Avometre uçlarına göre ise avometrenin (-) ucunun bağlandığı diyod ucu anot, (+) ucunun bağlandığı diyod ucu ise katottur.

Şekil 3.23 - b' deki bağlantıda ise ibre sapmadığına göre diyoda ters polarmalı bir gerilim uygulanmıştır. Avometre içindeki pile göre avometrenin (-) ucunun bağlandığı diyod ucu anot, (+) ucunun bağlandığı diyod ucu ise katottur. Avometre uçlarına göre ise avometrenin (-) ucunun bağlandığı diyod ucu katot, (+) ucunun bağlandığı diyod ucu ise anottur.

Yukarıda açıklanan durumlar meydana geliyorsa diyod sağlamdır. Avometrenin ibresi her iki durumda da sapar veya her iki durumda da sapmazsa diyod arızalıdır.

#### 3.3.3 Dijital avometre ile kontrol

Dijital avometre diyod sembolü ( $\rightarrow$ ) bulunan kademeye getirilir. Diyodun katot ucu, "COM" terminaline; anot ucu ise " $V\Omega$  mA" veya "+" yazılı olan terminale bağlanır. Bu durumda displayde açma geriliminde 800mV civarında bir gerilim görülecektir. Diyod doğru polarma gerilimi altındadır.

Diyod uçları ters çevrildiğinde yani anot ucu "COM" terminaline, katot ucu ise " $V\Omega$  mA" veya "+" yazılı olan terminale bağlandığında, diyod "1" veya "OL" vb. açık devre değerleri gösterecektir.

Ölçme sırasında her iki yönlü küçük direnç gösteriyorsa diyod kısa devredir. Her iki yönde büyük direnç "1" gösteriyorsa diyod açık devredir.

### 3.3.4 Köprü diyod sağlamlık kontrolü

Diyodun alternatif akım uygulanan uçlarını direnç kademesindeki avometre uçlarına bağlayalım. Avometre ibresi büyük bir direnç gösterir veya hiç sapmaz. Uçların yeri değiştirildiğinde yine büyük bir direnç gösterir veya hiç sapma olmaz. Aynı diyodun doğru akım alınan uçlarını direnç kademesindeki avometre uçlarına bağlayak ibreyi izleyelim. Aynı işlemi uçları değiştirerek tekrarlayalım. Avometre ibresi ölçmelerin birinde büyük direnç, diğerinde küçük direnç göstermelidir.

Yukarıda anlatılan durumlar görüldüğünde diyod sağlamdır. Bunların dışında diyod arızalıdır.

Bu yöntemle diyodun alternatif akım ve doğru akım uçları da tespit edilebilir.

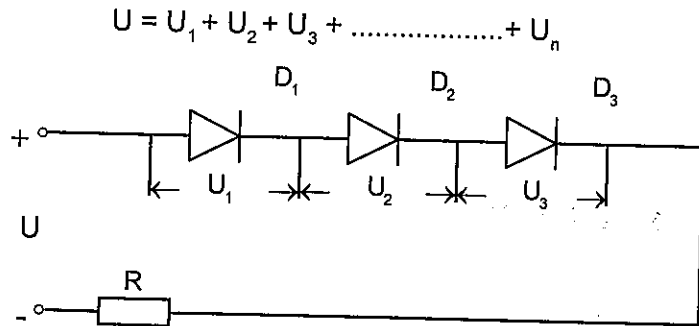
### 3.4 Diyod Bağlantıları

Diyodlar da dirençler ve kondansatörler gibi seri veya paralel bağlanabilir. Diyodlar, ilettime geçtiğinde kısa devre olmaması için, devreye mutlaka bir yük üzerinden bağlanmalıdır.

#### 3.4.1 Seri bağlama

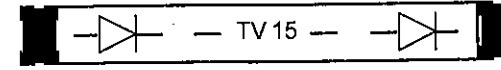
Diyodun çalışma gerilimi, kullanılacağı devre geriliminden küçük ise birden fazla diyod seri bağlanarak diyodun dayanma gerilimi artırılabilir. Seri bağlamada her diyod üzerinden aynı akım geçeceğinden bağlanacak diyodların akımları devre akımından küçük olmamalıdır.

Şekil 3.24 'te diyodların seri bağlantısı görülmektedir.



Şekil 3.24 : Diyodların seri bağlanması

Çok sayıda diyodun seri bağlanması ile EHT yüksek gerilim diyodları yapılmıştır ( Şekil 3.25 ).



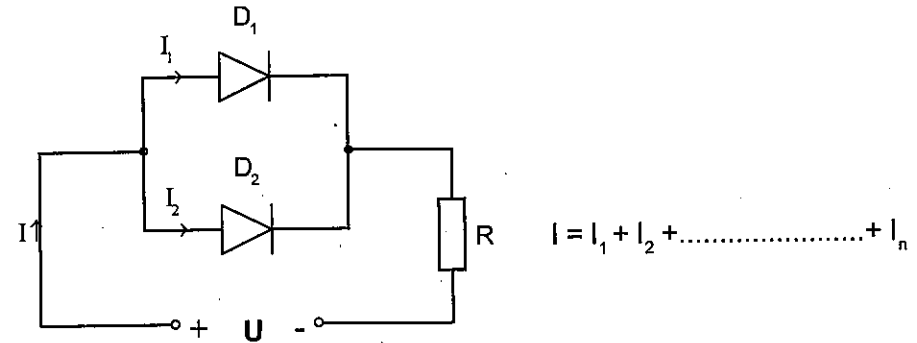
Şekil 3.25 : EHT diyod

Örneğin, 100 voltluk bir devrede 50 voltluk iki adet 1N 4001 diyodu seri bağlayarak kullanabiliriz.

#### 3.4.2 Paralel bağlama

Kullanacağımız diyodların çalışma akımları devre akımından küçükse birden fazla diyod paralel bağlı olarak kullanılabilir.

Şekil 3.26 'da diyodların paralel bağlantısı görülmektedir.



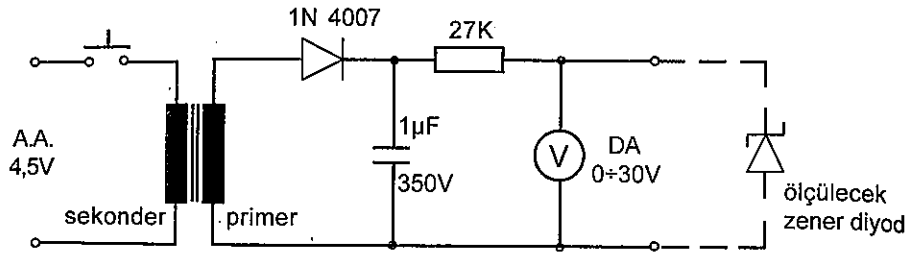
Şekil 3.26 : Diyodların paralel bağlanması

Örneğin, 2 amperlik bir devrede, 1 amperlik iki adet 1 N 4001 diyodu paralel bağlayarak kullanabiliriz.

Diyodların birbirine seri veya paralel bağlanabilmeleri için ; akım, gerilim, ters tepe gerilimi, sızıntı akımı gibi değerlerinin eşit olması gerekir. Aksi halde diyodlar yanar veya zarar görür.

#### 3.5 Zener Diyod Test Cihazı

Şekil 3.27 'de görülen zener diyod test cihazı ile değeri bilinmeyen zener diyodların gerilim değerleri bulunabilir.



Şekil 3.27 : Zener diyod test cihazı

Transformatörün sekonderine 4,5 volt alternatif gerilim uygulandığında primerinden 220 volt alınır. Bu gerilim, diyod yardımı ile yarım dalga doğrultulur. Kondansatör ile filtre edilir. Zener gerilimi diyod üzerinde düşer ve voltmetreden okunabilir. Kalan gerilim R direnci üzerinde düşer.

### DEĞERLENDİRME ÇALIŞMASI

1. Diyodun tanımını yapınız.
2. Diyodun temel yapısı ve uçları hakkında bilgi veriniz.
3. PN yüzey birleşmeli diyodlarda birleşme yüzeyindeki elektron-oyuk hareketlerini açıklayınız.
4. Diyodlarda doğru polarma nedir? Şekil çizerek açıklayınız.
5. Diyodlarda ters polarma nedir? Şekil çizerek açıklayınız.
6. Diyod çeşitlerini yazınız.
7. Kristal diyodların karakteristik eğrileri hakkında bilgi veriniz.
8. Zener diyodun çalışma prensibini açıklayarak kullanma yerlerini yazınız.
9. Tünel diyod ve kullanma yerleri hakkında bilgi veriniz.
10. LED diyod nasıl çalışır? Çeşitleri ve özellikleri nelerdir?
11. Çok renkli LED diyodların yapısını açıklayınız.
12. Foto diyodun yapısı ve özellikleri hakkında bilgi veriniz.
13. Varikap diyod nedir? Şekil çizerek açıklayınız.
14. Shockley diyod hakkında bilgi veriniz.
15. Mikrodalga diyodlar hakkında bilgi veriniz.
16. Diyodun avometre ile sağlamlık kontrolünü ve uçlarının bulunmasını açıklayınız.
17. Köprü diyodun avometre ile sağlamlık kontrolünü açıklayınız.

### DÜŞÜK VE ORTA DEĞERLİ AKIMLAR İÇİN KULLANILAN DİYOTLARIN BAZI ÖZELLİKLERİ

KILIF	V ( volt )	50	100	200	400	600	800	1000	I ( Amper )	T ( ° C )	T ( ° C )	T ( Max. )
Plastik	1N4001	1N4002	1N4003	1N4004	1N4005	1N4006	1N4007	30	75	-	175	
Metal	1N4719	1N4720	1N4721	1N4722	1N4723	1N4724	1N4725	300	75	-	175	
Metal	1N4997	1N4998	1N4999	1N5000	1N5001	1N5002	1N5003	300	75	-	175	
Plastik	MR500	MR501	MR502	MR504	MR506	MR508	MR510	100	95	-	175	
Plastik	MR750	MR751	MR752	MR754	MR755	MR756	MR757	400	80	-	175	
Metal	1N3208	1N3209	1N3210	1N3212	1N3214	1N3215	1N3216	250	150	-	175	
Metal	1N2488	1N2489	1N2490	1N2491	1N2492	1N2493	1N2494	350	150	-	175	
Metal	1N1191	1N1192	1N1193	1N1194	1N1195	1N1196	1N1197	350	150	-	175	
Plastik	MR2000S	MR2001S	MR2002A	MR2004S	MR2006S	MR2008S	MR2010S	400	150	-	175	
Plastik	MR2500S	MR2501S	MR2502S	MR2504S	MR2506S	MR2508S	MR2510S	600	150	-	175	
Plastik	MR2500	MR2501	MR2502	MR2504	MR2506	MR2508	MR2510	400	150	-	175	
Plastik	1N3491	1N3492	1N3493	1N3495	1N3496	1N3497	1N3498	30	130	-	175	
Plastik	1N3659	1N3660	1N3661	1N3663	1N3664	1N3665	1N3666	400	100	-	175	
Metal	1N1183	1N1184	1N1186	1N1188	1N1190	1N1191	1N1192	400	140	-	190	
Metal	1N1183A	1N1184A	1N1186A	1N1188A	1N1190A	1N1191A	1N1192A	800	150	-	190	
Metal	MR5005	MR5010	MR5020	MR5040	MR5060	MR5080	MR5100	600	150	-	195	

## KÖPRÜ DİYOTLAR VE ÖZELLİKLERİ

KILIF	ÇIKIŞ DOĞRU AKIMI ( AMPER )									
	1,0	1,0	2,0	4,0	8,0	12	30	35		
V ( volt )	1,0	1,0	2,0	4,0	8,0	12	30	35		
50	MDA920A2	MDA100A	MDA200	MDA970-1	MDA800	MDA1200	MDA990-1	MDA3500 BYW60		
100	MDA920A3	MDA101A	MDA201	MDA970-2	MDA801	MDA1201	MDA990-2	MDA3501 BYW61		
200	MDA920A4	MDA102A	MDA202	MDA970-3	MDA802	MDA1202	MDA990-3	MDA3502		
400	MDA920A6	MDA104A	MDA204	MDA970-5	MDA804	MDA1204	MDA990-5	MDA3504		
600	MDA920A7	MDA106A	MDA206		MDA806	MDA1206	MDA990-6	MDA3506 BYW66		
800		MDA108A	MDA208					MDA3508 BYW68		
1000		MDA110A	MDA210					MDA3510		
I ( Amper )	32	45	60	100	300	300	300	400		
T ( °C )	75	55	55	25	-	-	-	-		
T ( °C )	-	-	-	-	100	100	55	55		

T (°C) 175 150 175 150 175 150 175 175 175 175

# TRANSİSTÖRLER

## ÜNİTE 4

### HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

1. Elektrik devre anahtarı ile transistör arasındaki işlevsel benzerlikleri araştırınız.
2. Transistörü görsel olarak inceleyiniz.
3. Transistörlerde PN birleşme yüzeylerinde oluşan gerilim seti ile pil arasındaki benzerlikleri araştırınız.
4. Transistör kataloglarını inceleyiniz.

İki P tipi madde arasına N tipi madde veya iki N tipi madde arasına P tipi madde konularak elde edilen elektronik devre elemanına **transistör** denir.

Transistörler, kullanma amaçlarına göre **3** çeşittir.

- a. Anahtarlama devre transistörleri
- b. Osilatör devre transistörleri
- c. Amplifikatör devre transistörleri

Transistörlerde yarı iletken maddelerin biraraya getirilmesinde çeşitli metodlar uygulanır. Transistör çeşitleri şunlardır :

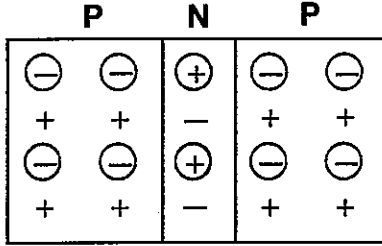
- a. Nokta temaslı transistörler
- b. Yüzey temaslı transistörler
- c. Alaşım veya alaşımlı yayılma metodu ile yapılan transistörler

Burada bi-polar (yüzey birleşmeli) transistörlerin yapısı üzerinde durulacaktır. P ve N maddelerinin sıralanmasına göre iki tipte yapılırlar. Bunları sırası ile inceleyelim:

## 4.1 Transistörlerin Yapısı

### 4.1.1 PNP transistörlerin yapısı

İki P tipi yarı iletken madde arasına N tipi yarı iletken maddenin konulması ile elde edilir. Yarı iletken olarak germanyum veya silisyum kullanılır.



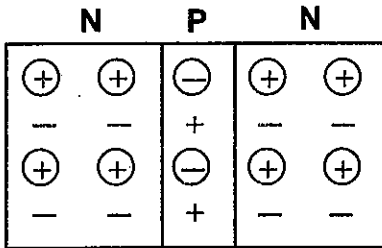
Şekil 4.1 : PNP tipi transistörlerin yapısı

Şekil 4.1'de PNP tipi transistörlerin yapısı görülmektedir. Bu birleşmede N tipi madde miktarı P tipi maddeden çok daha azdır. Bu yüzden N tipi madde tabakası çok incedir.

### 4.1.2 NPN transistörlerin yapısı

İki N tipi yarı iletken madde arasına P tipi yarı iletken maddelerin konulması ile elde edilir.

Şekil 4.2'de NPN tipi transistörün yapısı görülmektedir.



Şekil 4.2 : NPN tipi transistörün yapısı

Bu birleşmede P tipi madde miktarı N tipi maddeden çok daha azdır. Bu nedenle P tipi madde tabakası çok incedir.

## 4.2 Transistör Uçlarının İsimlendirilmesi

Transistör uçları, **emiter**, **beyz**, **kolektör** olarak isimlendirilir.

### 4.2.1 Emiter

Yayan, dağıtan anlamındadır. Transistörün doğru polarma geriliminde çalışabilen bölgesidir. Transistörün tipini belirten semboldeki ilk harf, emitere uygulanan gerilimin polaritesini verir. PNP tipi transistörlerde emitere pozitif, NPN tipi transistörlerde ise emitere negatif gerilim uygulanır.

### 4.2.2 Beyz

Taban anlamındadır. P tipi maddeler arasındaki N tipi madde veya N tipi maddeler arasındaki P tipi maddelerin bulunduğu bölgedir. Kalınlığı emiter ve kolektöre göre çok incedir. Transistörün tipini gösteren semboldeki ikinci harf beyze uygulanacak gerilimin polaritesini belirtir. Buna göre NPN tipi transistörlerde beyze pozitif, PNP tipi transistörlerde ise beyze negatif gerilim uygulanır.

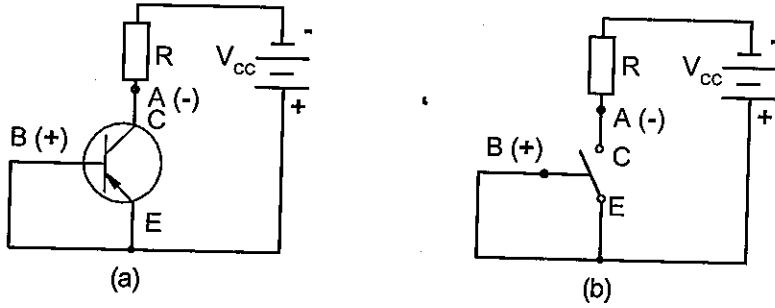
Tablo 4.1 : Transistörlerin yapıları

TİPİ	YARI İLETKEN YÜZEYİ	DIYOD İLE KARŞILAŞTIRMA	SEMBOLÜ
PNP	 KOLEKTÖR BEYZ EMİTER		
NPN	 KOLEKTÖR BEYZ EMİTER		

### 4.2.3 Kolektör

Toplayan anlamındadır. Transistörün ters polarma gerilimi altında çalışabilen bölgesidir. Kolektör ucuna NPN tipi transistörlerde pozitif, PNP tipi transistörlerde negatif gerilim uygulanır.

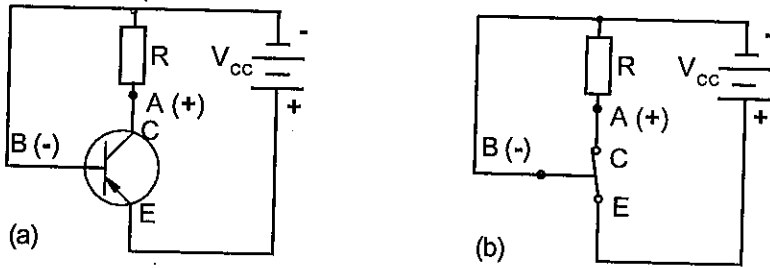
### 4.3 Transistörlerin Çalışma Prensipleri



Şekil 4.3 : Transistörlerin ters polarma çalışma prensibi

Şekil 4.3 a' da  $V_{cc}$  gerilim kaynağı ile transistörün emiter ve kolektör uçlarına gerilim uygulanmıştır. Beyzden uygulanan gerilimin polaritesine göre transistör yalıttır.

Şekil 4.3 b' de  $V_{cc}$  gerilim kaynağından transistörün emiteri pozitif, kolektörü negatif gerilim altındadır. Beyz ucundan pozitif gerilim uygulandığında transistör yalıttır. Emiterden kolektöre akım geçişi olmaz. Bu yüzden yük üzerinde gerilim düşümü meydana gelmez. A noktası negatif potansiyeldedir.

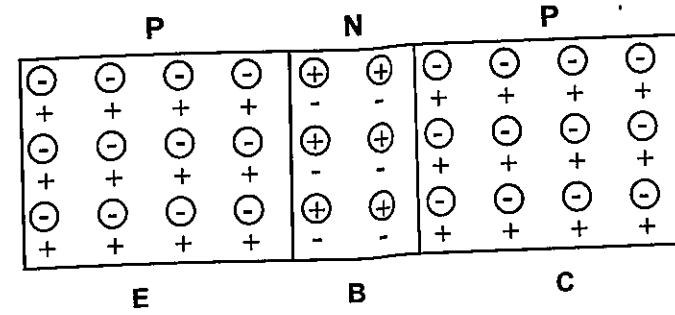


Şekil 4.4 : Transistörlerin doğru polarma çalışma prensibi

Şekil 4.4' te  $V_{cc}$  gerilim kaynağından transistörün emiteri pozitif, kolektörü negatif gerilim altındadır. Beyz ucundan negatif gerilim uygulandığında transistör iletme geçer, emiterden kolektöre akım geçişi olur. Bu yüzden yük üzerinde gerilim düşümü meydana gelir. A noktası emitere bağlı olarak (+) potansiyeldedir. Bu anda transistörden geçebilecek kısa devre akımlarının transistörü bozması için kolektöre seri olarak bir direnç (yük) bağlanmalıdır. Yük üzerinde gerilim düşümü olur.

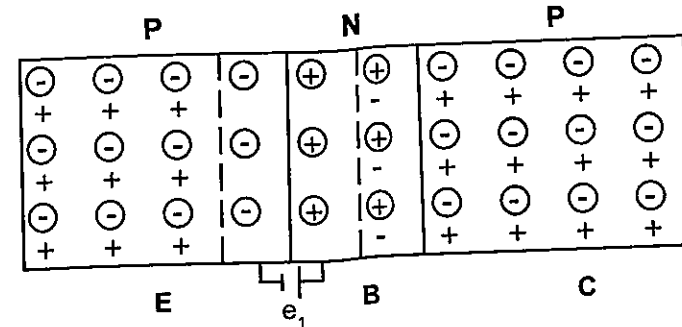
### 4.4 Transistörlerde Gerilim Seti

PNP veya NPN tipi transistörlerde birleşme yüzeylerinde kapasite etkisine sahip gerilim setleri meydana gelmektedir. Örnek olarak PNP tipi bir transistörü ele alalım: Aynı olaylar NPN tipi transistörler için de geçerlidir.



Şekil 4.5 : PNP tipi transistörde gerilim seti

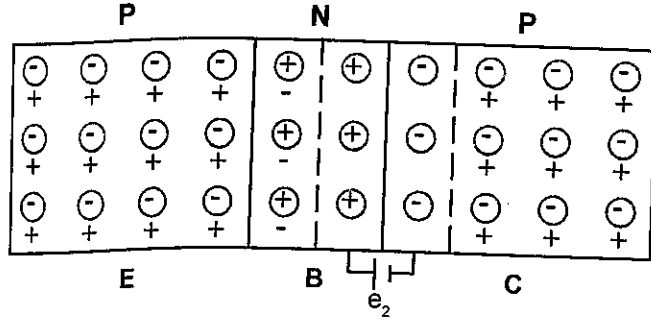
Transistördeki P tipi madde içinde (+) pozitif yüklü çoğunluk taşıyıcısı oyuklar ile (-) negatif yüklü azınlık taşıyıcısı elektronlar vardır. N tipi madde içinde ise (-) negatif yüklü çoğunluk taşıyıcısı elektronlar ile (+) pozitif yüklü azınlık taşıyıcısı oyuklar vardır (Şekil 4.5).



Şekil 4.6 : PNP tipi transistörde  $e_1$  gerilim setinin oluşumu



Şekil 4.6 'da beyz bölgesindeki elektronların bir kısmı ve emiter bölgesindeki oyukların bir kısmı EB birleşme yüzeyine geçerek bir araya gelir. Emiter bölgesinin EB birleşme yüzeyine yakın kısmı oyuk kaybettiği için negatif, beyz bölgesinin EB birleşme yüzeyine yakın kısmı elektron kaybettiği için pozitif yüklenir. Böylece EB birleşme yüzeyinde  $e_1$  gerilim seti meydana gelir.

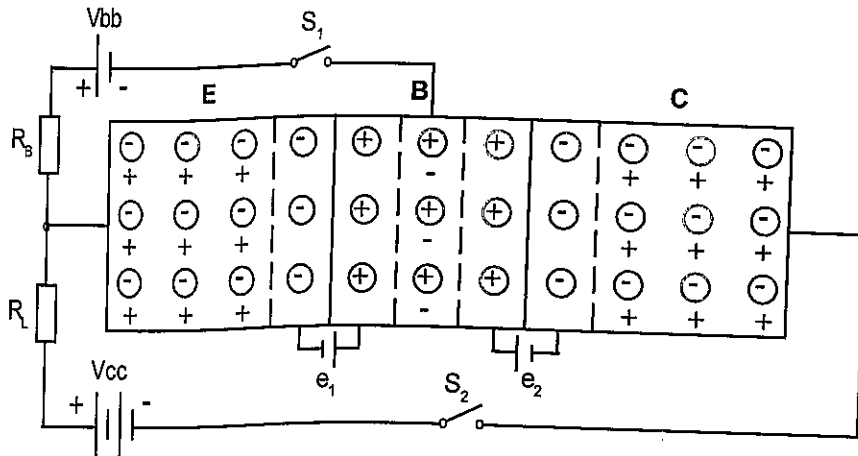


Şekil 4.7 : PNP tipi transistörde  $e_2$  gerilim setinin oluşumu

Şekil 4.7' de beyz bölgesindeki elektronların bir kısmı ve kolektör bölgesindeki oyukların bir kısmı BC birleşme yüzeyini aşarak birleşirler. Beyz bölgesinin BC birleşme yüzeyine yakın kısmı elektron kaybettiği için pozitif, kolektör bölgesinin BC birleşme yüzeyine yakın kısmı oyuk kaybettiği için negatif yüklenir. Böylece birleşme yüzeyinde  $e_2$  gerilim seti meydana gelir.

#### 4.5 Transistörlerin Doğru Polarmalandırılması

##### 4.5.1 PNP tipi transistörlerde doğru polarma



Şekil 4.8 : PNP tipi transistörün doğru polarması

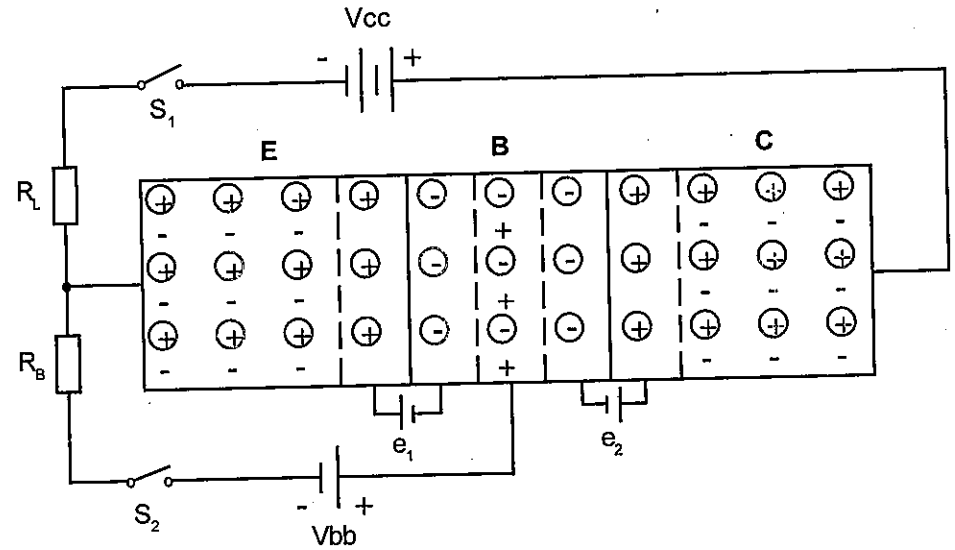
Transistörlerin polarması ortak emiterli devre üzerinde incelenecektir. Şekil 4.8'deki devrede emiter - beyz arasına  $V_{bb}$  bataryası ve  $S_1$  anahtarı üzerinden doğru yönlü bir gerilim uygulanmıştır. Emiter - kolektör arasına ise  $V_{cc}$  bataryası ve  $S_2$  anahtarı üzerinden ters yönlü bir gerilim uygulanmıştır.

$S_2$  anahtarı kapatıldığında  $V_{cc}$  bataryası devreye girer. Bataryanın negatif kutbu kolektördeki çoğunluk taşıyıcısı (+) yüklü oyukların bir kısmını kendine doğru çeker. Böylece kolektördeki (-) yüklü azınlık taşıyıcısı elektronların etkisi artar. BC birleşme yüzeyindeki gerilim seti ( $e_2$ ) büyür.  $V_{cc}$ 'nin pozitif kutbu emiterdeki çoğunluk taşıyıcısı (+) yüklü oyukların bir kısmını beyze doğru iter.

$S_1$  anahtarı kapatıldığında  $V_{bb}$  bataryası devreye girer. Emiter bölgesindeki oyuklar beyz bölgesine, beyz bölgesindeki serbest elektronlar ise emiter bölgesine geçer. Böylece EB birleşme yüzeyindeki gerilim seti ( $e_1$ ) ortadan kalkar. Beyz bölgesi çok ince olduğu için emiterden gelen oyuklar, beyzde yeterli miktarda elektron bulamayacağından kolektöre geçerler. Bu oyuklar  $V_{cc}$  bataryasının negatif kutbu tarafından çekilirler. Böylece emiterden kolektöre doğru bir oyuk akışı sağlanmış olur.

Emiter üzerinden hem beyz akımı hem de kolektör akımı geçmektedir.  
Emiter akımı ( $I_E$ ) = Beyz akımı ( $I_B$ ) + Kolektör akımı ( $I_C$ )

##### 4.5.2 NPN tipi transistörlerde doğru polarma



Şekil 4.9 : NPN tipi transistörün doğru polarması

Şekil 4.9 'daki devrede emiter - kolektör arasına  $V_{cc}$  bataryası ve  $S_1$  anahtarı üzerinden ters yönlü bir gerilim uygulanmıştır. Emiter-beyz arasına ise  $V_{bb}$  bataryası ve  $S_2$  anahtarı üzerinden doğru yönlü bir gerilim uygulanmıştır.

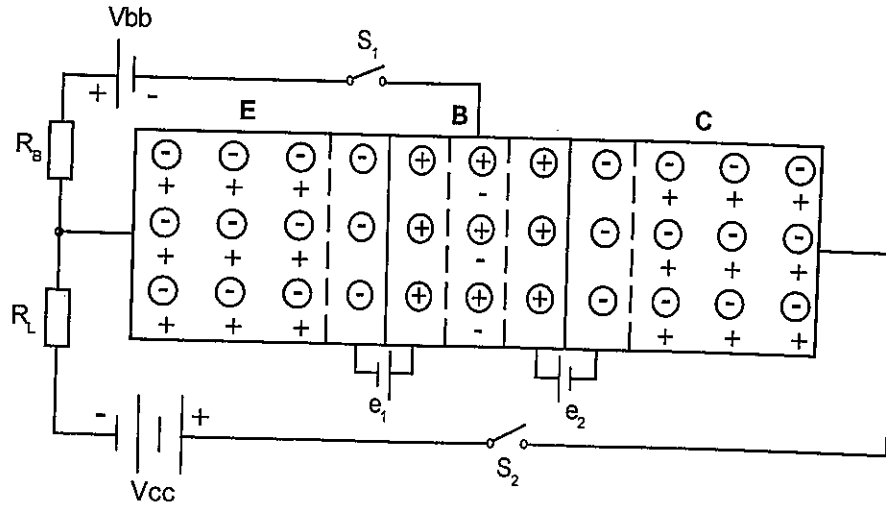
$S_1$  anahtarı kapatıldığında  $V_{cc}$  bataryası devreye girer. Bataryanın pozitif kutbu kolektördeki çoğunluk taşıyıcısı (-) yüklü elektronların bir kısmını kendine doğru çeker. Böylece BC birleşme yüzeyindeki gerilim seti ( $e_2$ ) büyür.  $V_{cc}$  'nin negatif kutbu emiterdeki çoğunluk taşıyıcısı (-) yüklü elektronları beyze doğru iteceğinden EB birleşme yüzeyindeki gerilim seti ( $e_1$ ) küçülür.

$S_2$  anahtarı kapatıldığında  $V_{bb}$  bataryası devreye girer.  $V_{bb}$  bataryasının pozitif kutbu emiterden  $V_{cc}$  'nin ittiği elektronları kendine doğru çeker. Beyz bölgesinin kalınlığı çok küçük olduğu için emiterden gelen elektronlar beyzde yeterli miktarda oyuk bulamayarak kolektöre geçer. Bu elektronlar  $V_{cc}$  bataryasının pozitif kutbu tarafından çekilir. Böylece emiterden kolektöre doğru bir elektron akışı sağlanmış olur. P - N - P tipi transistörde olduğu gibi emiterden hem beyz akımı, hem de kolektör akımı geçer.

Her iki tip transistörde de akımın büyük kısmı emiter - kolektör arasında devresini tamamlar. Akımın küçük bir kısmı ise beyzden devresini tamamlayacaktır.

## 4.6 Transistörlerin Ters Polarmalandırılması

### 4.6.1 PNP tipi transistörün ters polarması



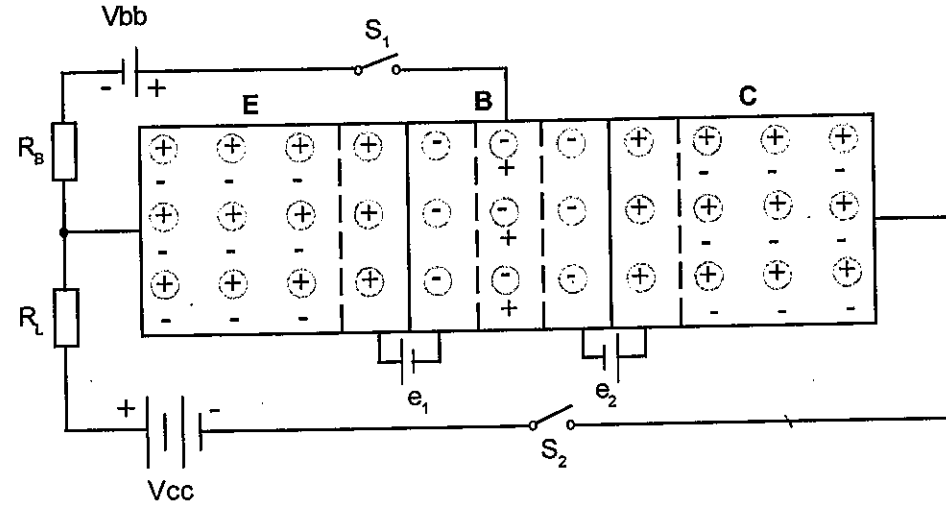
Şekil 4.10 : PNP tipi transistörün ters polarması

Şekil 4.10 'daki devrede emiter - beyz arasına  $V_{bb}$  bataryası ve  $S_1$  anahtarı üzerinden bir gerilim uygulanmıştır. Emiter - kolektör arasına ise  $V_{cc}$  bataryası ve  $S_2$  anahtarı üzerinden gerilim uygulanmıştır.

$S_2$  anahtarı kapatıldığında  $V_{cc}$  bataryası devreye girer. Bataryanın pozitif kutbu, kolektördeki çoğunluk taşıyıcısı oyukları beyze doğru iter. Böylece BC birleşme yüzeyindeki gerilim seti ( $e_2$ ) küçülür. Bataryanın negatif kutbu da emiterdeki çoğunluk taşıyıcısı oyukların bir kısmını kendine doğru çeker. EB birleşme yüzeyindeki gerilim seti ( $e_1$ ) daha da büyür.

$S_1$  anahtarı kapatıldığında  $V_{bb}$  bataryası devreye girer. Bataryanın negatif kutbu beyzdeki çoğunluk taşıyıcısı elektronları kolektöre doğru iter. Emiterdeki çoğunluk taşıyıcısı oyukları da kendine doğru çeker. Böylece BC birleşme yüzeyindeki gerilim seti ( $e_2$ ) ortadan kalkar. Bu durumda kolektörden emitere hızlı bir oyuk akışı olur, transistör zarar görür.

### 4.6.2 NPN tipi transistörün ters polarması



Şekil 4.11 : NPN tipi transistörün ters polarması

Şekil 4.11' deki devrede emiter - beyz arasına  $V_{bb}$  bataryası ve  $S_1$  anahtarı üzerinden bir gerilim uygulanmıştır. Emiter - kolektör arasına ise  $V_{cc}$  bataryası ve  $S_2$  anahtarı üzerinden gerilim uygulanmıştır.

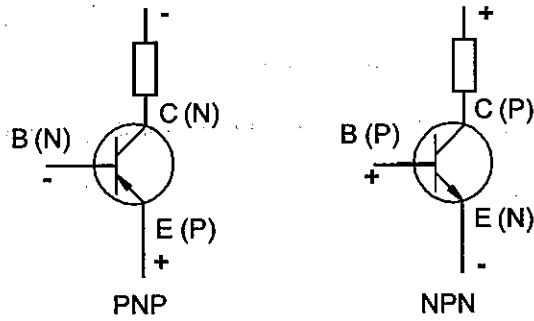
$S_2$  anahtarı kapatıldığında  $V_{cc}$  bataryası devreye girer. Bataryanın negatif kutbu, kolektördeki çoğunluk taşıyıcısı elektronları beyze doğru iter. Böylece BC birleşme yüzeyindeki gerilim seti ( $e_2$ ) küçülür. Bataryanın pozitif kutbu da emiterdeki çoğunluk taşıyıcısı elektronların bir kısmını kendine doğru çeker. EB birleşme yüzeyindeki gerilim seti ( $e_1$ ) daha da büyür.

$S_1$  anahtarı kapatıldığında  $V_{bb}$  bataryası devreye girer. Bataryanın pozitif kutbu beyzdeki çoğunluk taşıyıcısı oyukları kolektöre doğru iter. Emiterdeki çoğunluk taşıyıcısı elektronları da kendine doğru çeker. Böylece BC birleşim yüzeyindeki gerilim seti ( $e_2$ ) ortadan kalkar. Bu durumda kolektörden emitere hızlı bir elektron akışı olur, transistör zarar görür.

Ters polarite istenmeyen bir durumdur. Bunu engellemek için ters yönlü bir akıma izin vermeyecek diyod, devreye seri olarak bağlanır.

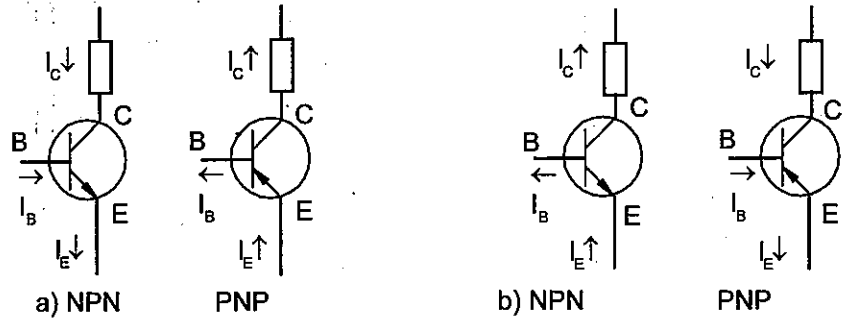
#### 4.7 Transistörlerin Akım ve Gerilim Yönleri

NPN ve PNP tipi transistörlerde gerilim yönü yarı iletkenlerin elektriksel değerliklerine göre belirlenir. Transistörün tipini gösteren ilk harf emiter uygulanan gerilimin polaritesini verir. İkinci harf ise beyze uygulanan gerilimin polaritesini verir. Ancak kolektör geriliminin polaritesi elektriksel değerliklerine göre terstir. Şekil 4.12 'de bu durum görülmektedir.



Şekil 4.12 : Transistörlerin gerilim yönleri

Devreden geçen akımın yönü uluslararası elektronik kuruluşunun (IEC) yaptığı kabule göre üreticinin pozitif kutbundan (+), negatif kutbuna (-) doğru emiterdeki ok yönündedir. Oyuk akımı yönü elektrik akımı yönü olarak kabul edilir (Şekil 4.13 a). Elektronların yönü ise oka terstir (Şekil 4.13 b).



Şekil 4.13 : a. Transistörlerde akım yönleri b. Transistörlerde elektron yönleri

#### 4.8 Transistörün Avometre ile Kontrolü

##### 4.8.1 Transistör uçlarının tespiti

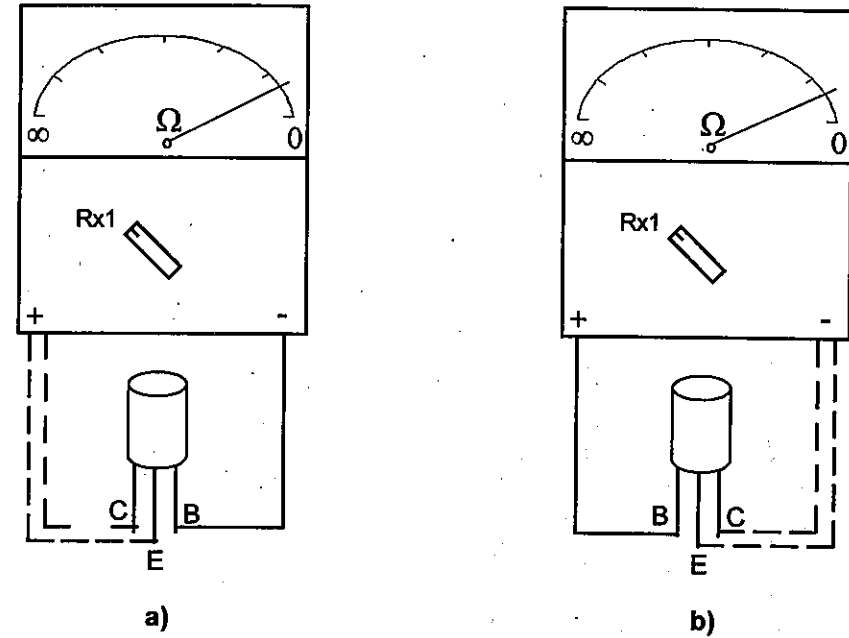
Sağlam transistörün önce tipi belirlenir. PNP tipi transistörde herhangi bir uca avometrenin içindeki pile göre negatif ucu bağlanır. Avometrenin diğer ucu transistörün öteki uçlarına dokundurulur. İbre, uçların her ikisinde de sapıyorsa sabitlediğimiz uç, beyz ucudur.

NPN tipi sağlam bir transistörün herhangi bir ucu avometrenin içindeki pile göre pozitif ucuna bağlanır. Avometrenin diğer ucu transistörün öteki uçlarına dokundurulur. İbre, uçların her ikisinde de sapıyorsa sabit tuttuğumuz uç beyzdir. Avometrenin üzerinde yazan uç işaretlerine göre ölçüm yapıldığında transistörün tipi bunun tersi olur.

Bu ölçümlerde beyz ucu ile arasında daha yüksek direnç gösteren uç emiter, diğer uç ise kolektördür.

##### 4.8.2 Transistör tipinin belirlenmesi

Avometrenin pil uçları ile çıkış uçlarının farklı polaritede olduğunu varsayalım ( bk. sayfa 62 ).



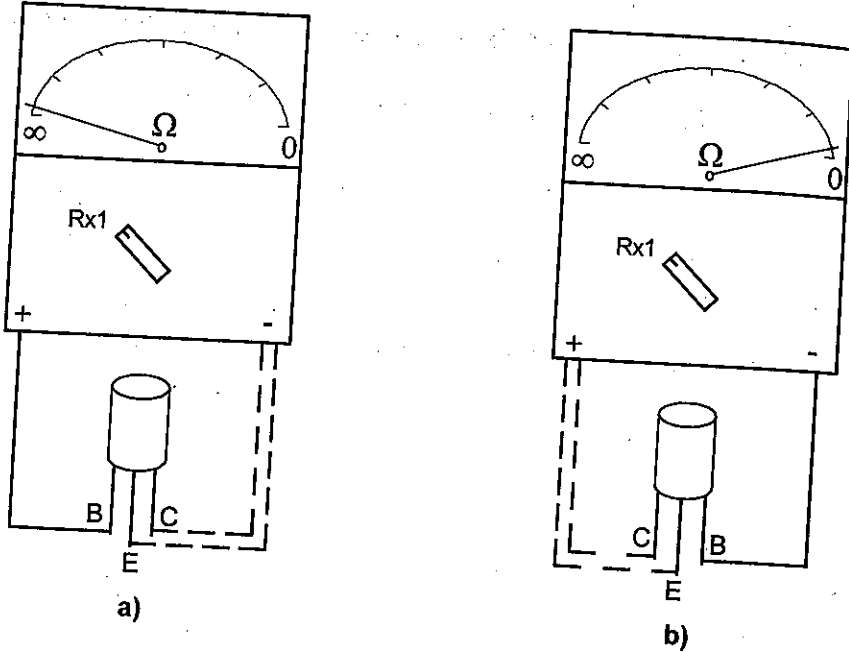
Şekil 4.14 : Transistör tipinin belirlenmesi

Şekil 4.14 a 'da transistörün beyz ucuna avometrenin negatif ucuna bağlanmıştır. Avometrenin pozitif ucu sırası ile emiter ve kolektöre dokundurulur. İbre büyük bir sapma gösteriyorsa transistör NPN tipidir.

Şekil 4.14 b 'de transistörün beyz ucuna avometrenin pozitif ucuna bağlanmıştır. Avometrenin negatif ucu sırası ile emiter ve kolektöre dokundurulur. İbre büyük bir sapma gösteriyorsa transistör PNP tipidir.

#### 4.8.3 Transistörlerin analog avometre ile sağlamlık kontrolü

Avometreyi direnç kademesine (R x 1) getirelim. Avometrenin bir ucunu beyzde sabit tutalım. Diğer ucunu sırası ile emiter ve kolektöre dokunduralım (Şekil 4.15 a).



Şekil 4.15 : Transistörlerin avometre ile kontrolü

Bu defa avometrenin diğer ucunu beyzde sabit tutalım, öteki ucunu sırası ile emiter ve kolektöre dokunduralım (Şekil 4.15 b).

Şekillerdeki uygulamaların birinde yüksek, diğerinde düşük direnç görülüyorsa transistör sağlamdır. Bunun dışındaki durumlarda arızalıdır. Ayrıca sağlam bir transistörde emiter - kolektör arası veya kolektör - emiter arası yüksek direnç görülmelidir.

#### 4.8.4 Transistörlerin dijital avometre ile sağlamlık kontrolü

Dijital avometre diyod test kademesine (  $\rightarrow$  ) getirilir. Avometrenin bir ucunu beyzde sabit tutalım. Diğer ucunu sırası ile emiter ve kolektöre dokunduralım. Transistör doğru polarma geriliminde ise, avometre açma geriliminde düşük bir gerilim gösterir.

Bu defa avometrenin diğer ucunu beyzde sabit tutarak, öteki ucunu sırası ile emiter ve kolektöre dokunduralım. Avometre uçlarında büyük bir değer "1" veya "OL açık devre" gibi değerler görülür. Yapılan ölçmelerde anlatılan durumlar meydana geliyorsa transistör sağlamdır. Bunun dışındaki durumlarda arızalıdır.

Ölçüm sırasında  $V_{BE}$  ve  $V_{BC}$  'den daha büyük eşik gerilimli olan uç emiter ( $V_{BE}$ ), düşük eşik gerilimli uç ise ( $V_{BC}$ ) kolektördür.

#### 4.9 Transistörlerde Yükseltme İşleminin Gerçekleştirilmesi

##### 4.9.1 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.

##### 4.9.1.1 Alfa ( $\alpha$ ) akım kazancı

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

$$\alpha = \frac{I_C}{I_E}$$

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.

##### 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.

Çözüm:

$$\alpha = \frac{I_C}{I_E} = \frac{5,4}{6} = 0,9$$

#### 4.9.1.2 Beta ( $\beta$ ) akım kazancı

Ortak emiter veya kolektör bağlantılı yükselteç devrelerinde kolektör akımının beyz akımı oranına **beta akım kazancı** denir.

Genellikle beta akım kazancı 10 - 1000 arasında değişir.

$$\beta = \frac{I_C}{I_B}$$

Örnek:

Bir transistörün ortak emiterli bağlantısında emiter akımı 5 mA, beyz akımı 0,3 mA'dir. Beta akım kazancını bulunuz.

Çözüm:

$$I_E = I_B + I_C \text{ ise } I_C = I_E - I_B = 5 - 0,3 = 4,7 \text{ mA}$$

$$\beta = \frac{I_C}{I_B} = \frac{4,7}{0,3} = 15,66$$

#### 4.9.2 Alfa ve beta akım kazançlarının dönüştürülmesi

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

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

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

Örnek: Alfa akım kazancı 0,95 olan bir transistörün beta akım kazancını bulunuz.

Çözüm:

$$\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha} \quad \beta = \frac{0,95}{1-0,95} \quad \beta = 19$$

#### 4.9.3 Gerilim ve güç kazancı

Ortak beyz veya emiter bağlantılı transistörlerde alfa akım kazançları 1'den küçüktür. Ancak bu durumda büyük bir güç ve gerilim kazancı elde edilir.

$$G_V = \alpha \cdot \frac{R_2}{R_1} \quad \text{Burada } G_V = \text{Gerilim kazancı}$$

$R_1 = \text{Giriş empedansı}$   
 $R_2 = \text{Çıkış empedansı}$

Bu bağlantılarda elde edilen güç kazancı ise

$$G_P = \alpha^2 \cdot \frac{R_2}{R_1} \text{ olur.}$$

#### 4.10 Transistörlerin 4 Bölge Karakteristiği

Transistörlü devrelerdeki giriş - çıkış akım ve gerilim ilişkilerini gösteren eğrilere transistör karakteristik eğrileri denir. Bu eğriler dört bölgede incelenir. Bunlar :

1. bölge karakteristiği ( $I_C - V_{CE}$ )
2. bölge karakteristiği ( $I_C - I_B$ )
3. bölge karakteristiği ( $I_B - V_{BE}$ )
- ç) 4. bölge karakteristiği ( $V_{CE} - V_{BE}$ )

Bu ilişkiler şekil 4.16 'da görülmektedir. Burada,

$I_C$  : Transistörün kolektör akımı

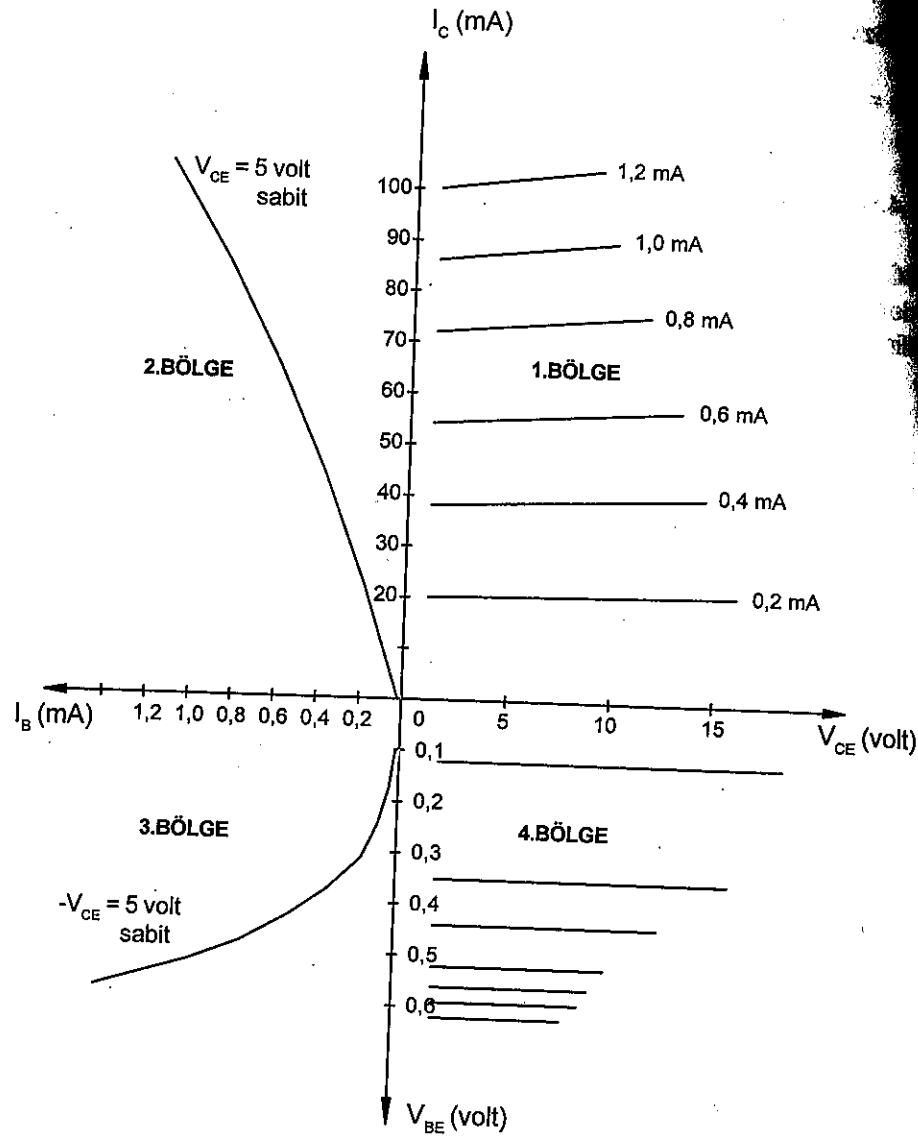
$I_B$  : Transistörün beyz akımı

$V_{CE}$  : Transistörün kolektör-emiter uçlarında düşen gerilim

$V_{BE}$  : Transistörün beyz-emiter uçlarında düşen gerilimi gösterir.

Şekil 4.16 'ya göre,

1.  $V_{CE}$  gerilimi ile  $I_C$  akımı ters orantılı olarak değişir.
2.  $I_B$  akımına göre doğru orantılı olarak  $V_{BE}$  gerilimi artar.
3.  $I_B$  akımına bağlı olarak  $I_C$  akımı doğru orantılı olarak artar.

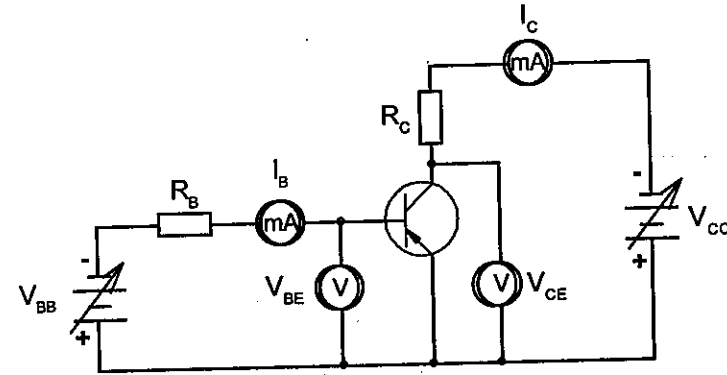


Şekil 4.16 : Transistör 4 bölge karakteristiği

Bir transistörün karakteristiği iki çeşittir. Transistör AC sinyal uygulanmadan DC gerilimle çalışırsa buna **statik çalışma** denir. Statik çalışmadaki akım ve gerilim değerleri büyük harflerle gösterilir ( $I_C, I_B, V_{BE}, V_{CE}$ ). Transistör AC sinyal uygulanarak DC gerilimle çalışırsa buna **dinamik çalışma** denir. Dinamik çalışmadaki akım ve gerilim değerleri küçük harflerle gösterilir ( $i_c, i_b, v_{be}, v_{ce}$ ).

#### 4.10.1 1. bölge karakteristiği

Transistörlerin 1. bölge karakteristiğinin çıkarılması için şekil 4.17 'deki bağlantı yapılır.



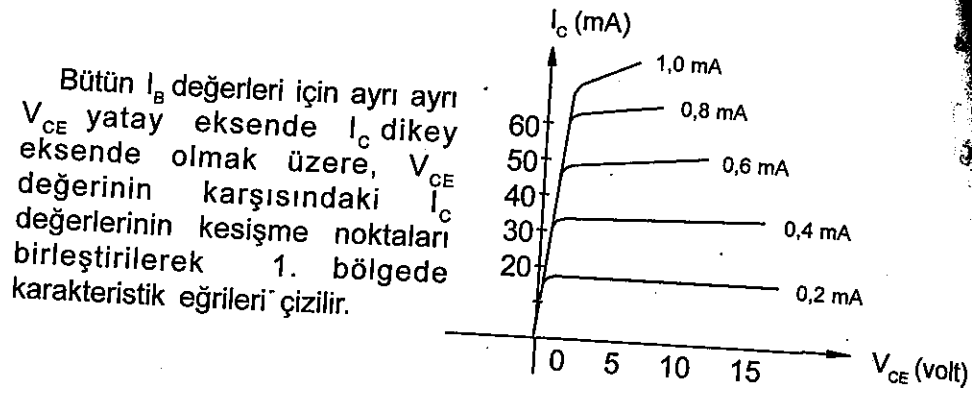
Şekil 4.17 : Transistörün karakteristik eğrileri için deney bağlantı devresi

1. bölge karakteristiğinde çeşitli beyz akımı değerleri için kolektör akımı ( $I_C$ ) ile kolektör - emiter arasındaki gerilim ( $V_{CE}$ ) ilişkisi incelenir. Belirli bir beyz akımı değerinde kolektör akımı arttıkça  $V_{CE}$  geriliminin düştüğü görülür. Aynı şekilde kolektör akımı azaldıkça  $V_{CE}$  gerilimi artar. Burada,  $V_{CC} = I_C \cdot R_C + V_{CE}$  'dir.  $V_{CC}$  batarya gerilimi ve  $R_C$  direnci sabittir. Buna göre kolektör akımı artarsa  $I_C \cdot R_C$  gerilim düşümü artar. Eşitliğin sağlanması için  $V_{CE}$  azalır.

Şekil 4.17 'deki devrede  $I_B$  akımı belirli bir değerde sabit tutulur (0,2mA).  $V_{CE}$  gerilimi 1,3,6,9,12,15 volt gibi kademe kademe değişik değerlere ayarlanıp her kademe için  $I_C$  akımı okunup tablo 4.2'ye yazılır.  $I_B$  akımının 0,4 - 0,6 - 0,8 - 1 - 1,2 değerleri için deney tekrarlanır.

Tablo 4.2 : Transistör 1. bölge karakteristiği deney gözlem tablosu

$V_{CE}$ (volt)	$I_B:0,2mA$ sabit	$I_B:0,4mA$ sabit	$I_B:0,6mA$ sabit	$I_B:0,8mA$ sabit	$I_B:1mA$ sabit	$I_B:1,2mA$ sabit
	$I_C$ (mA)	$I_C$ (mA)	$I_C$ (mA)	$I_C$ (mA)	$I_C$ (mA)	$I_C$ (mA)
1						
3						
6						
9						
12						
15						



Şekil 4.18 : Transistörün 1.bölge karakteristik eğrisi

#### 4.10.1.1 Yük doğrusunun çizilmesi ve çalışma noktasının bulunması

Transistörün kolektörüne koyulan yük direnci ( $R_C$ ) değerine göre  $V_{CE} - I_C$  karakteristik eğrisi üzerinde "yük doğrusu" adı verilen bir doğru çizilir.

Transistörlerin kararlı çalışma noktalarını bulmak amacı ile 1.bölge karakteristiği üzerine yük doğrusu çizilir. Bu doğrunun orta noktası, transistörün çalışma noktasıdır. Çalışma noktası yardımı ile transistörün yükselticinin girişine sinyal uygulanmadığında  $V_{BE}$ ,  $I_B$  ve  $I_C$  akımları, sinyal uygulandığında ise  $I_B$  ve  $I_C$  akımlarının değerleri tespit edilir.

Yük doğrusunun çiziminde çeşitli metotlar vardır. Burada bu metotlardan bir tanesi açıklanacaktır. Şekil 4.17 'deki bağlantıda Kirşof'un gerilimler kanununa göre,

$$V_{CC} = V_{CE} + (I_C \cdot R_C) \text{ yazılabilir.}$$

$$I_C = 0 \text{ olduğu için } V_{CC} = V_{CE} + (0 \cdot R_C) \quad V_{CC} = V_{CE} \quad (X_1 \text{ noktası})$$

$$V_{CE} = 0 \text{ olduğu için } I_C = \frac{V_{CC}}{R_C} \quad (Y_1 \text{ noktası}) \text{ bulunur.}$$

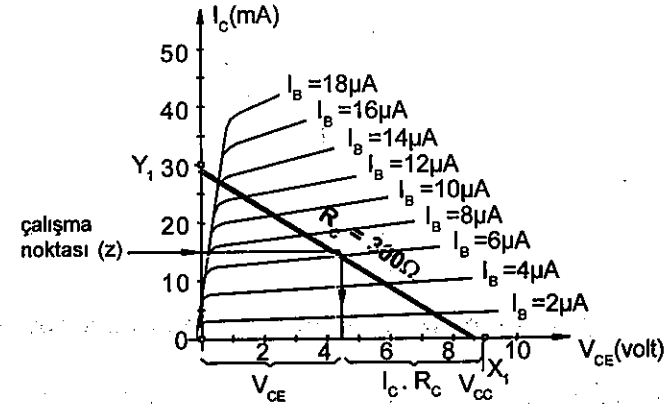
Bu iki nokta birleştirilerek yük doğrusu çizilmiş olur. Bu doğrunun orta noktası çalışma noktasıdır (z noktası).

Örnek:

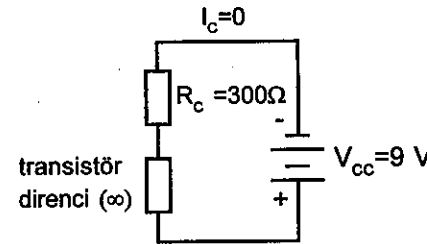
Şekil 4.19 'daki grafikte  $I_C = 0$  için  $V_{CC} = V_{CE} = 9$  volt ( $X_1$  noktası)

$$V_{CE} = 0 \text{ için } I_C = \frac{V_{CC}}{R_C} = \frac{9}{300} = 0,03 \text{ A} = 30 \text{ mA} \quad (Y_1 \text{ noktası})$$

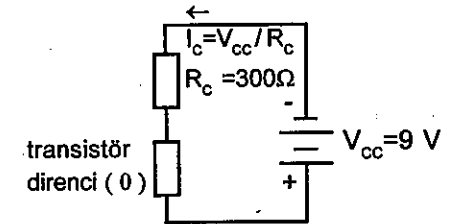
bulunur.



Şekil 4.19 : Yük doğrusunun çizilmesi ve çalışma noktasının bulunması



Şekil 4.20 :  $X_1$  noktasının bulunması

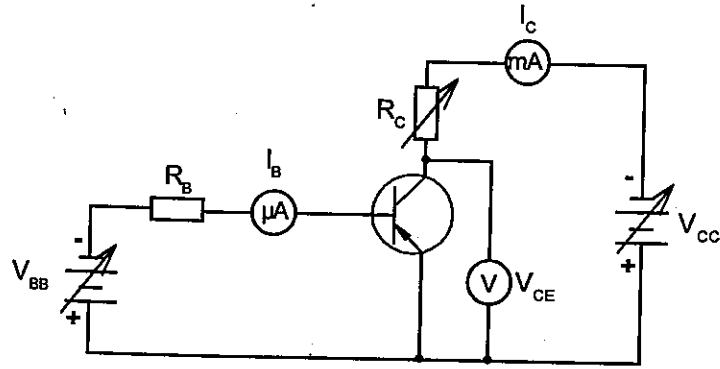


Şekil 4.21 :  $Y_1$  noktasının bulunması

$X_1$  noktasının bulunması için şekil 4.20'deki gibi transistör tam yalıtkan yapılır.  $Y_1$  noktasının bulunması için şekil 4.21'deki gibi transistör tam iletken yapılır. Bulunan  $X_1$  ve  $Y_1$  noktaları birleştirilir.  $X_1, Y_1$  doğrusunun orta noktası ( $Z_1$ ), transistörün kararlı çalışma noktasıdır.  $Z_1$  noktasında  $I_C = 15$  mA 'dir.  $V_{CC} = 9$  volt 'luk gerilimin 4,5 voltu kolektör - emiter arasında bulunmaktadır. Transistörün kararlı çalışabilmesi için grafiğe göre  $I_B = 6 \mu A$  olması gerekir.

#### 4.10.2 2. bölge karakteristiği ( $I_C - I_B$ )

Sabit kolektör - emiter gerilimi ( $V_{CE}$ ) değeri için beyz akımı ( $I_B$ ) 'deki değişime göre kolektör akımı ( $I_C$ ) değişiminin incelenmesidir.



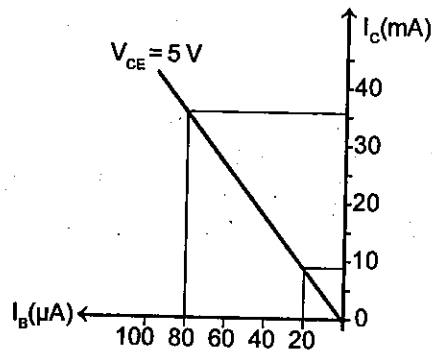
Şekil 4.22 : Transistör 2. bölge karakteristiği deney bağlantısı

2.bölge karakteristik eğrisini elde etmek için şekil 4.22'deki deney bağlantısında  $V_{CC}$  gerilimi belirli bir değere getirilip sabit tutulur ( $V_{CE}=5V$ ).  $V_{BB}$  gerilimi kademe kademe artırılarak  $I_B$  mikroampermetresi 20, 40, 60, 80, 100  $\mu A$  gibi değerlere ayarlanır. Her kademedeki  $I_C$  değerleri miliampermetreden okunup tablo 4.3'e kaydedilir. Tablo 4.3'teki değerler için ayrı ayrı  $I_B$  yatay ekseninde,  $I_C$  dikey ekseninde olmak üzere,  $I_B$  değerinin karşısındaki  $I_C$  değerlerinin kesişme noktaları birleştirilerek Şekil 4.23'teki 2. bölge karakteristik eğrileri çizilir.

Bu grafik yardımı ile değişik  $V_{CE}$  değerlerinde transistörün beyz ve kolektöründen geçecek akımlar,  $I_C / I_B$  oranı ile transistörün beta akım kazancı bulunabilir.

Tablo 4.3 : Transistör 2. bölge karakteristiği gözlem tablosu

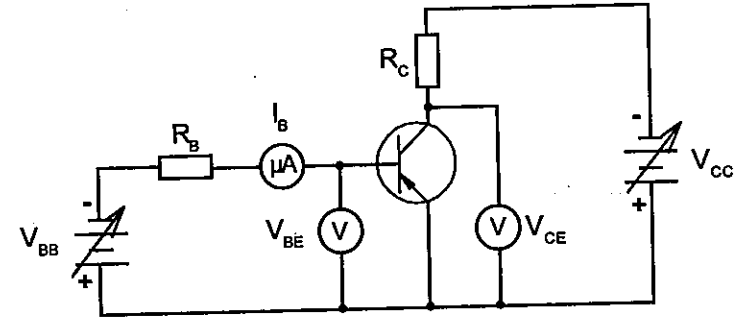
$V_{CE}(V)$	$I_B(\mu A)$	$I_C(mA)$
5V	20	
↓	40	
↓	60	
↓	80	
Sabit	100	



Şekil 4.23 : Transistör 2.bölge karakteristiği

### 4.10.3 3. Bölge Karakteristiği ( $V_{BE} - I_B$ )

Çeşitli kolektör-emiter gerilimi ( $V_{CE}$ ) değerleri için beyz akımı ( $I_B$ ) ile beyz-emiter gerilimi ( $V_{BE}$ ) değişiminin incelenmesidir.



Şekil 4.24 : Transistör 3. bölge karakteristiği deney bağlantısı

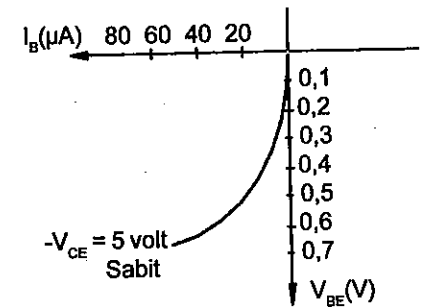
Şekil 4.24'teki devre kurularak 3.bölge karakteristiği çıkarılır.  $V_{CC}$  gerilimi belirli bir değere getirilip sabit tutulur ( $V_{CE}=5V$ ).  $V_{BB}$  gerilimi kademe kademe artırılarak her kademedeki  $V_{BE}$  voltmetresi ve  $I_B$  ampermetresinin gösterdiği değerler okunarak tablo 4.4'e kaydedilir. Tablo 4.4'teki değerler için ayrı ayrı  $I_B$  yatay ekseninde,  $V_{BE}$  dikey ekseninde olmak üzere,  $I_B$  değerinin karşısındaki  $V_{BE}$  değerlerinin kesişme noktaları birleştirilerek Şekil 4.25'teki 3. bölge karakteristik eğrileri çizilir.

Bu grafik yardımı ile çeşitli  $V_{CE}$  değerlerinde transistörün iletme geçmesi için uygulanması gereken  $V_{BE}$  gerilimi ve beyzden geçmesi gereken akım değeri ( $I_B$ ) bulunabilir.  $V_{BE} / I_B$  oranı ile transistörün giriş direnci ( $R_B$ ) bulunur.

$$R_B = \frac{V_{BE2} - V_{BE1}}{I_{B2} - I_{B1}} = \frac{\Delta V_{BE}}{\Delta I_B}$$

Tablo 4.4 : Transistör 3. bölge karakteristiği gözlem tablosu

$V_{CE}(V)$	$I_B(mA)$	$V_{BE}(V)$
5V	20	
↓	40	
↓	60	
↓	80	
Sabit		



Şekil 4.25 : Transistör 3.bölge karakteristiği



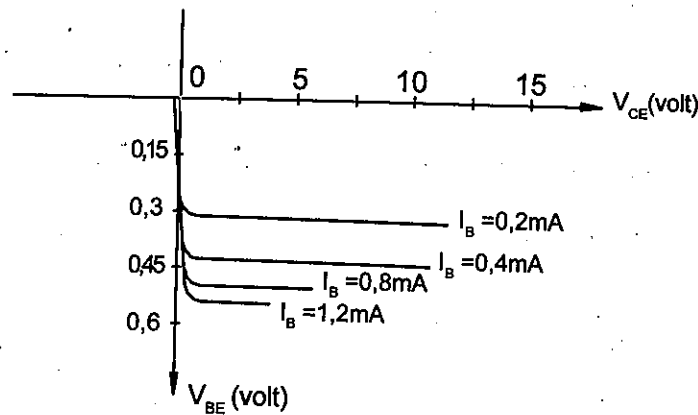
#### 4.10.4 4.bölge karakteristiği ( $V_{CE} - V_{BE}$ )

Çeşitli beyz akımı değerleri için beyz - emiter arası gerilim ( $V_{BE}$ ) ile kolektör-emiter arası gerilim ( $V_{CE}$ ) değişiminin incelenmesidir.

Şekil 4.24'teki devre yardımı ile 4. bölge karakteristik eğrisi çıkarılır.  $V_{BE}$  gerilimi ayarlanarak  $I_B$  akımı 0,2 mA'de sabit bırakılır.  $V_{CC}$  gerilimi ayarlanarak  $V_{CE}$  gerilimi kademe kademe artırılır. Her kademe  $V_{CE}$  ve buna karşılık gelen  $V_{BE}$  gerilim değerleri tablo 4.5'e kaydedilir.  $V_{CE}$  yatay ekseninde  $V_{BE}$  dikey ekseninde olmak üzere,  $V_{CE}$  değerinin karşısındaki  $V_{BE}$  değerlerinin kesişme noktaları birleştirilerek Şekil 4.26'daki 4. bölge karakteristik eğrisi çizilir.  $I_B$  akımının diğer sabit değerleri için yukarıdaki işlem tekrarlanır.

Tablo 4.5 : Transistör 4. bölge karakteristiği gözlem tablosu

$V_{CE}$ (volt)	$I_B:0,2mA$ sabit	$I_B:0,4mA$ sabit	$I_B:0,8mA$ sabit	$I_B:1,2mA$ sabit
	$V_{BE}$ (V)	$V_{BE}$ (V)	$V_{BE}$ (V)	$V_{BE}$ (V)
1				
3				
6				
9				
12				
15				



Şekil 4.26 : Transistör 4.bölge karakteristiği

Elde edilen grafik yardımı ile kolektör-beyz arasındaki geri besleme oranı bulunabilir. Bu oran N harfi ile belirtilir.

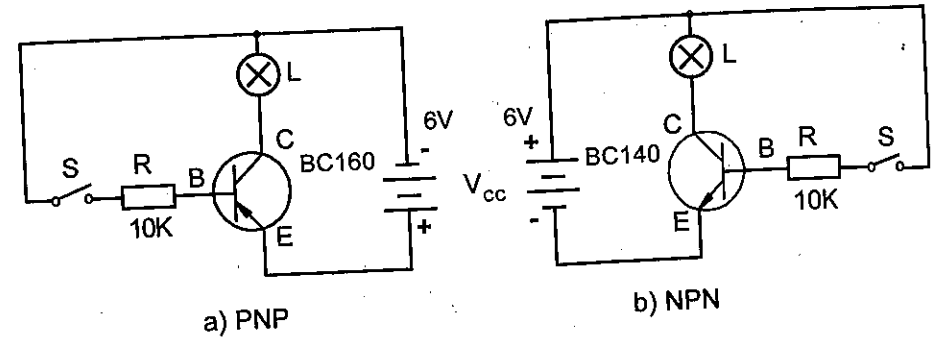
$$N = \frac{V_{BE2} - V_{BE1}}{V_{CE2} - V_{CE1}} = \frac{\Delta V_{BE}}{\Delta V_{CE}}$$

#### 4.11 Transistörün Anahtarlama Elemanı Olarak Çalıştırılması

Transistörün beyz akımı olmadığı sürece veya beyzine ters polarma gerilimi uygulandığında, emiter-kolektör akımının olmadığı transistörün çalışma prensibinden bilinmektedir. Transistörün yalıtımda olmasına **transistör kesimde** denir.

Transistörün beyz akımı olduğunda veya beyzine doğru polarma uygulandığında ise emiter-kolektör akımının maksimum olduğu bilinmektedir. Transistörün iletimde olmasına **transistör doyumda** denir.

Şekil 4.27 a'da PNP tipi transistörün anahtarlama elemanı olarak çalıştırılması, Şekil 4.27 b'de ise NPN tipi transistörün anahtarlama elemanı olarak çalıştırılması görülmektedir.



Şekil 4.27 : Transistörün anahtarlama elemanı olarak çalıştırılması

Şekil 4.27'deki devrelerde S anahtarı açık iken transistörün beyzine bir gerilim uygulanmadığından emiter - kolektör arası direnç çok büyüktür. Kolektörden emitere veya emiterden kolektöre bir akım geçişi olmaz, lâmba sönmüştür.

S anahtarı kapatıldığında transistörün beyzine gerilim uygulanır. Bu gerilim transistörün emiter - kolektör arası direncini düşürür, transistör iletime geçerek lâmba yanar.

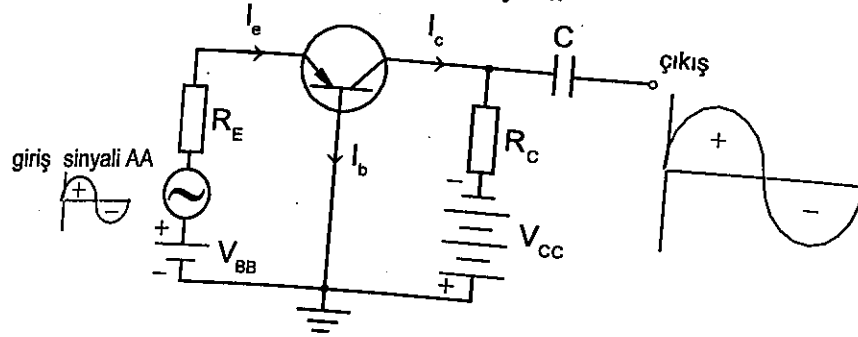
Böylece küçük bir beyz akımı ile (birkaç  $\mu A$ ) transistör dayanma akımına kadar olan yük akımlarına kumanda edilebilir.

#### 4.12 Transistörün Yükselteç Olarak Çalıştırılması

Girişe uygulanan zayıf sinyalleri çıkışta kuvvetlendiren devrelere **yükselteç (amplifikatör)** denir.

Mikrofon, radyo, teyp, antenden gelen zayıf sinyaller, yükselteçler ile hoparlörü çalıştıracak şekilde gerilimleri ve güçleri yükseltilir. Yükseltme işlemi transistörler, entegreler veya ikisinin birlikte kullanılması ile yapılır. Çıkıştaki sinyalin giriş sinyaline oranı yükseltme kazancını belirler. İyi bir yükseltecin kazancı yüksektir.

Yükselteçler transistörün bağlantı şekline göre ortak beyzli, ortak emiterli ve ortak kolektörlü olarak üçe ayrılır.



Şekil 4.28 : Beyzi ortak yükselteç

Transistörün yükselteç olarak çalıştırılmasını anlayabilmek için örnek olarak, beyzi ortak yükselteç devresini inceleyelim.

Şekil 4.28 'de beyzi ortak (şase) yükselteç devresi görülmektedir.  $V_{AA}$  ile giriş sinyali uygulanmaktadır. Çıkış sinyali ise  $R_C$  yükü uçlarından alınmaktadır.  $V_{AA}$  ile  $V_{BB}$  'nin ters veya düz olmasına göre beyzden uygun değerde  $I_B$  beyz akımı geçer. Bu akıma bağlı olarak  $I_C$  ve  $I_E$  akımları da artar. Dolayısı ile  $R_C$  yükü uçlarındaki gerilim düşümü de artar. Böylece girişten  $V_{AA}$  ile verilen sinyal çıkıştan aynı fazda fakat genliği yükseltilmiş olarak alınır.

Diğer yükselteç tipleri bölüm 6 'da anlatılacağından burada açıklanmamıştır.

#### 4.13 Transistörlerin Çalışma Kararlılığını Etkileyen Faktörler

Transistörün çalışma kararlılığını; ısı, nem, toz, çalışma frekansı, uygulanan polarma gerilimi, içinden geçen akım ve diğer faktörler etkiler. Bu etkenler içinde en önemli yeri ısı etkisi alır. Isı ile transistörü oluşturan yarı iletkenin iletkenliği artar. Isı arttığında kovalent bağ kopar. Bunun sonucunda serbest elektron ve oyuk sayısı artar. Bu artış, akımın artmasına, akımın artması ısıнын artmasına neden olur. Yüksek ısı nedeni ile transistör bozulur.

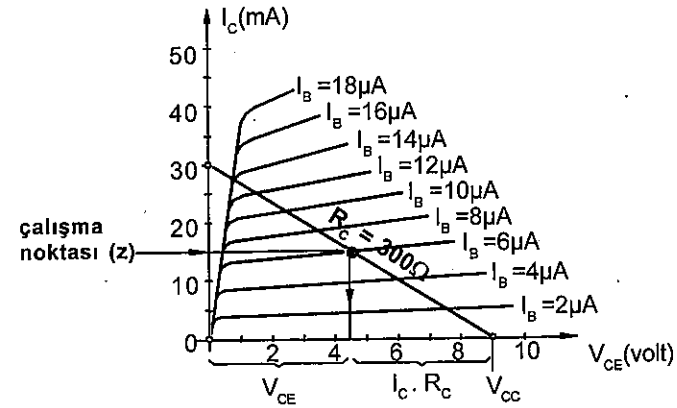
Isı etkisi artması az ise transistör zarar görmez. Ancak ısı etkisi ile çalışma noktası değişeceğinden distorsiyona sebep olur. Transistör kataloglarında verilen değerler genellikle  $25^\circ\text{C}$  içindir.

Yüksek akımlı transistörleri ısıdan korumak için metal kılıf içerisinde monte edilir. Güç transistörleri alüminyumdan yapılmış soğutucular ile monte edilir. Ayrıca elektronik cihazların muhafazalarının arkası delikli yapılarak bazılarında fan ilâve edilip havalandırma sağlanır.

Yüksek frekanslarda çalışan transistörlerin gövdelerinden dördüncü bir şase ucu çıkarılır. Bu uç kaçak akımları şaseye ileterek transistöre zarar vermesini önler. Elektronik cihazlar nemli yerlerden uzak tutulmalıdır. Nem oksitlenmeye ve kısa devrelere sebep olabilir. Aşırı akım ve gerilim de transistörün ısınıp bozulmasına neden olur.

#### 4.14 Transistörün Çalışma Noktasının Stabilize Edilmesi

Transistörün, 1. bölge karakteristiği üzerinde çizilen yük doğrusu üzerinde bulunan çalışma noktasının **stabil (kararlı)** olması  $I_C$  ve  $V_{BE}$  değerlerine bağlıdır. Transistörün bu noktada tutulmasına transistörün stabilize edilmesi denir. Şekil 4.29' da z çalışma noktası görülmektedir.



Şekil 4.29 : Transistörün çalışma noktası

İstenmeyen ısı, ışık, nem gibi dış etkiler, transistörü çalışma noktasından uzaklaştırır. Transistör ısındığında iç direnci azalır, buna bağlı olarak  $I_C$  kolektör akımı artar. Bu durum z çalışma noktasının yukarı kaymasına neden olur. Çalışma noktasının sabit tutulması için ısıya engel olacak devreler konulabileceği gibi emiterine, seri bir direnç ilâve edilerek de önlenabilir. Bu konu polarma metotlarında açıklanacaktır.

#### 4.15 Transistörlerin Katalog Bilgileri

Transistörleri üreten firmalar yayınladıkları kataloglarda özellikleri ve kullanma yerleri hakkında bilgi verirler. Transistörlerin üzerine yazılan harf ve rakamlarla transistör adlandırılır.

##### 4.15.1 Transistör üzerindeki harf ve rakamların okunması

Transistörlerin kodlanmasında dört ayrı standart kullanılır.

1. Avrupa standardı
2. Japon standardı
3. Amerikan standardı
4. Firma standartları

##### 4.15.1.1 Avrupa standardı

Avrupa yapımı transistörlerde (Tablo 4.6) kullanılır. Tabloda,

Birinci harf : Yarı iletken madde cinsini gösterir.  
İkinci harf : Kullanma yerini gösterir.

Örneğin **AD149** yarı iletkenlerde **A** harfi germanyumdan imal edildiğini, **D** harfi alçak frekans güç transistörü olduğunu belirtir. **149** rakamı ise transistörün geçerli karakteristik değeridir.

##### 4.15.1.2 Japon standardı

Japon yapımı transistörler ise **2S** ifadesi ile başlayan kodlar ile isimlendirilmiştir. Japon yapımı transistörler de Tablo 4.7 kullanılır. Tabloda :

Birinci rakam : Elemanın cinsini gösterir.  
Birinci harf **S** : Transistörün silisyumdan yapıldığını.  
İkinci harf : Tipini ve kullanma yerini gösterir.

Örneğin; **2SC1384**'te **2** rakamı elemanın transistör olduğunu, **S** harfi transistörün silisyumdan yapıldığını, **C** harfi **NPN** tipi yüksek frekans transistörü olduğunu ve **1384** imalat seri numaralarını belirtir.

Tablo 4.6 : Avrupa standardı transistörler

HARF	BİRİNCİ HARF	İKİNCİ HARF	ÜÇÜNCÜ HARF
A	Germanyum	Diyod	X Y Z Profesyonel ( Endüstri ) tiplerini belirtir.
B	Silisyum	Kapasitif diyod	
C	Galyum - arsenik	Alçak frekans transistörü	
D	İndiyum - antimuan	Alçak frekans güç transistörü	
R	Polikristal yarı iletken madde.Foto elektronik devre elemanı	Kontrol edilebilir doğrultmaç	RAKAMLAR Geçerli karakteristik değerleri verir.
E		Tünel diyod	
F		Yüksek frekans transistörü	
H		Hall üretici devre elemanı	
K		Hall üretici ( Açık manyetik devre için )	
L		Yüksek frekans güç transistörü	
M		Hall üretici ( Kapalı manyetik devre için )	
P		Foto transistör	
R		Foto elektrik devre elemanı	
S		Küçük güçlü anahtar transistörü	
U		Güçlü anahtar transistörü	
Y		Güç diyodu	
Z		Zener diyod	

Tablo 4.7 : Japon standardı transistörler

RAKAM HARF	BİRİNCİ RAKAM	BİRİNCİ HARF	İKİNCİ HARF	SONDAKİ RAKAMLAR
0	Foto diyod			Geçerli karakteristik değerleri verir.
1	Diyod			
2	Transistör			
3	Dört kutuplu FET			
S		Silisyum		
A			PNP Yüksek frekans transistörü	
B			PNP Alçak frekans transistörü	
C			NPN Yüksek frekans transistörü	
D			NPN Alçak frekans transistörü	
F			Tristör	
J			P kanal FET	
K			N kanal FET	

#### 4.15.1.3 Amerikan Standardı

Amerikan yapımı transistörler ise 2N ifadesi ile başlayan kodlar ile isimlendirilmiştir. Amerikan yapımı transistörler ise Tablo 4.8 kullanılır. Tabloda,

Birinci rakam : Elemanın cinsini gösterir.  
Birinci harf N : Transistörün silisyumdan yapıldığını.  
Son rakamlar : Tipini ve kullanma yerini gösterir.

Örneğin; **2N3055**'te 2 rakamı elemanın transistör olduğunu, N harfi transistörün silisyumdan yapıldığını ve **3055** imalât seri numaralarını belirtir.

Tablo 4.8 : Amerikan standardı transistörler

RAKAM HARF	BİRİNCİ RAKAM	N HARFİ	SONDAKİ RAKAMLAR
1	Diyod		Geçerli karakteristik değerleri verir.
2	Transistör		
3	FET MOSFET		
4	Optokuplör		
N		Silisyum	

#### 4.15.1.4 Firma standartları

Bazı elektronik firmalarının çıkardıkları özel transistörlerin taklit edilmemesi için yaptıkları standart dışı kodlamalardır. Siemens, Motorola gibi firmalar kendileri için özel standart oluştururlar.

#### 4.15.2 Katalog kullanımı ve karşılıkların bulunması

Aranılan transistör katalogdan bulunurken şu sıra izlenmelidir :

1. İlk harf veya sayıya göre alfabetik sıradan transistörün olabileceği sayfalar bulunur.
2. Bulunan sayfalardan transistörün ikinci harfine uygun sayfalara geçilir.
3. Transistör tipindeki sayı sırasına göre, transistörün isim ve özelliklerinin bulunduğu bölüme ulaşılır.

Örneğin; BC 307 transistörünün yerini bulmak için önce alfabetik sıradan B harfi bulunur. B harfinin bulunduğu sayfalardan BC harflerinin olduğu sayfalara ulaşılır. BC bulunduktan sonra numara sırası izlenerek 307 rakamı bulunur. Bu kısımda aşağıdaki bilgiler vardır.

Tablo 4.9 :

İsmi	Malzeme ve tipi	Kılıf şekli	Özelliği	Karşılıkları
BC 307 VI,A,B,C	Si - PNP	9	50 v - 0,2 A 0,3 w	BC 177 (4) , BC 204 (5) BC 212 (9) , BC 251 (9) BC 512 (9) , BC 557(9)

Tablo 4.9 yardımı ile transistörün yapıldığı malzeme, tipi, kılıf şekli, akım, gerilim, güç özellikleri ve aynı işi yapan karşılıkları bulunabilir.

### DEĞERLENDİRME ÇALIŞMALARI

1. Transistör nedir? Çeşitleri nelerdir?
2. PNP ve NPN tipi transistörlerin yapısı ve sembolünü çizerek bilgi veriniz.
3. Transistör uçları hakkında bilgi veriniz.
4. Transistörlerin çalışma prensibini açıklayınız.
5. Transistörlerde gerilim seti nedir? Nasıl meydana gelir? Açıklayınız.
6. Transistörlerde doğru polarma nedir? Şekil çizerek açıklayınız.
7. Transistörlerde ters polarma nedir? Şekil çizerek açıklayınız.
8. Transistörlerde akım yönü ve elektron yönü ne demektir?
9. Transistörlerin sağlamlık kontrolü avometre ile nasıl yapılır? Açıklayınız.
10. Uçları bilinmeyen bir transistörün uçları nasıl bulunur?
11. Alfa ve beta akım kazancı nedir? Nasıl hesaplanır? Açıklayınız.
12. Alfa ve beta akım kazançlarının birbirine dönüştürülmesini anlatınız.
13. Transistörün dört bölge karakteristik eğrileri hakkında bilgi veriniz.
14. Transistörün 1.bölge karakteristik eğrisi nasıl çıkarılır? Açıklayınız.
15. Transistörün yük doğrusu nasıl çizilir? Açıklayınız.
16. Transistörlerin kararlı çalışma noktası nasıl bulunur? Açıklayınız.
17. Transistörün 2.bölge karakteristik eğrisi nasıl çıkarılır? Açıklayınız.
18. Transistörün 3.bölge karakteristik eğrisi nasıl çıkarılır? Açıklayınız.
19. Transistörün 4.bölge karakteristik eğrisi nasıl çıkarılır? Açıklayınız.
20. Transistörün anahtarlama elemanı olarak çalıştırılmasını açıklayınız.
21. Transistörün yükselteç olarak çalıştırılmasını açıklayınız.
22. Transistörün kararlı çalışmasını etkileyen faktörleri açıklayınız.
23. Transistörün çalışma noktasının stabilize edilmesi ne demektir? Açıklayınız.
24. Aşağıdaki transistörlerin üzerlerinde yazan harf ve rakamların anlamlarını yazınız.  
a) AC 127 b) BD 140 c) BF 245 ç) 2N 6520 d) 2SC 1384
25. BC 177 transistörü katalogda bulunmak isteniyor. Gerekli işlem sırasını yazınız.
26.  $I_C = 9 \text{ mA}$   $I_E = 10 \text{ mA}$  olan transistörün alfa akım kazancını bulunuz.
27.  $I_C = 6 \text{ mA}$   $I_B = 0,4 \text{ mA}$  olan transistörün beta akım kazancını bulunuz.

## GÜÇ KAYNAKLARI

ÜNİTE

5

### HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

1. Güç kaynağı neden gereklidir? Çevrenizdeki güç kaynaklarını inceleyiniz.
2. Radyoda sesin parazitli olmasının nedenlerini ve bunun doğrultmaç devresi ile ilgisini araştırınız.

Evlerimizde kullandığımız elektrik enerjisi 220 voltluk AC gerilim olarak bulunmaktadır. Elektronik devresi bulunan bütün elektrikli cihazlarda değişik değerlerde DC gerilime ihtiyaç vardır. 220 voltluk şebeke geriliminden DC gerilimi sağlayan devrelere "güç kaynağı" denir. Güç kaynağı taşınabilir ise "adaptör" olarak isimlendirilir. Güç kaynağında transformatör, doğrultmaç, filtre ve regüle devreleri bulunur.

### 5.1 Transformatörler

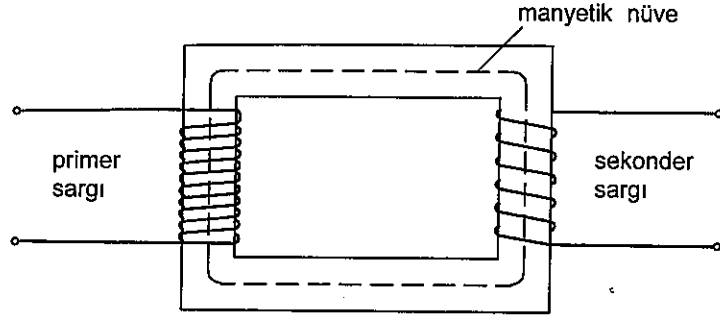
#### 5.1.1 Yapısı

Elektromanyetik indüksiyon yolu ile frekans sabit kalacak şekilde 1. taraftan ( primer ) uygulanan gerilimi veya akımı; 2. taraftan ( sekonder ) düşük veya yüksek değerde almamızı sağlayan, hareketli parçası olmayan elektrik makineleridir.

Transformatörler, başlıca üç parçadan meydana gelir :

1. Primer sargı
2. Sekonder sargı
3. Manyetik nüve

Şekil 5.1 ' de transformatörün yapısı görülmektedir.



Şekil 5.1 : Transformatorün yapısı

**Primer sargı :** Giriş geriliminin uygulandığı sargıdır. Yüksek gerilimler için ince telden çok sarımlı olarak imal edilir. Primer sargı, manyetik nüve üzerine, makaralara sarılarak yerleştirilir.

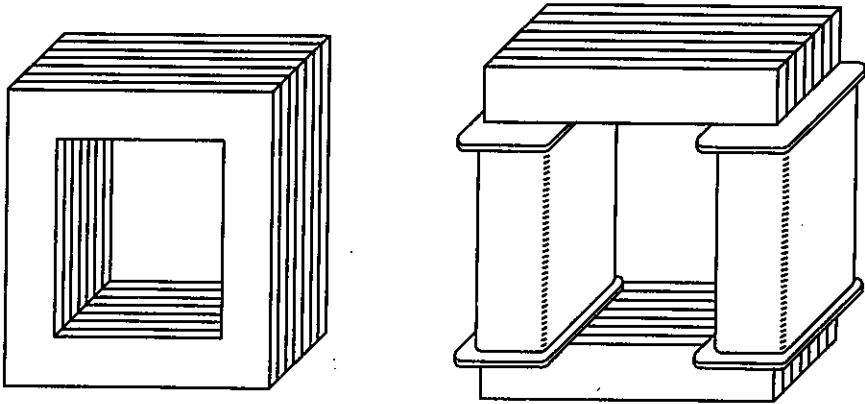
**Sekonder sargı :** Çıkış geriliminin alındığı sargıdır. Sekonder sargı, alıcının çalışma gerilimine göre çeşitli kesit ve sarım sayılarında olabilir.

**Manyetik nüve :** Primer ve sekonder sargıların yerleştirildiği kısımdır. 0,30 - 0,50 mm kalınlığındaki silisyumlu saclardan preslenerek imal edilir.

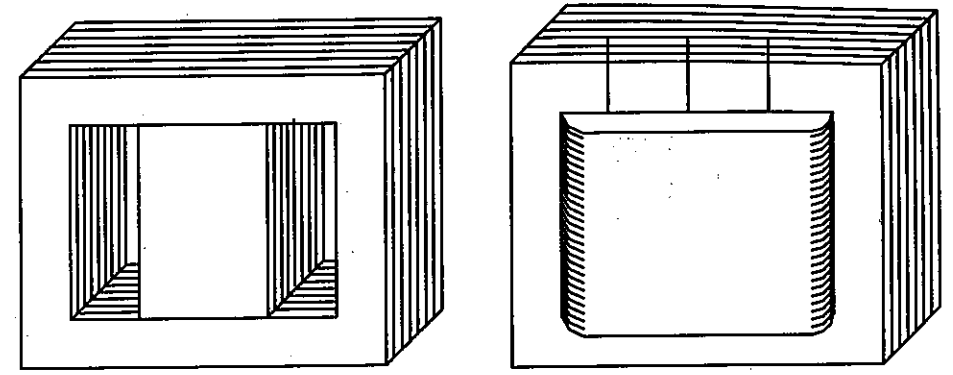
3 çeşit manyetik nüve vardır :

1. Çekirdek tipi nüve
2. Mantel tipi nüve
3. Dağıtılmış tip nüve

Şekil 5.2 a ve b 'de nüve çeşitleri ile bu nüvelere primer ve sekonder sargıların yerleştirilişi görülmektedir.



Şekil 5.2 : a. Çekirdek tipi manyetik nüve ve sargı yerleştirilişi



Şekil 5.2: b. Mantel tipi manyetik nüve ve sargı yerleştirilişi

### 5.1.2 Çalışması

Primer sargıya uygulanan alternatif gerilim, sargı etrafında değişken bir manyetik alan meydana getirir. Bu alan manyetik nüve üzerinde  $\phi$  manyetik akısının dolaşmasını sağlar. Bu akıyı yolu üzerindeki sekonder sargılar keser. Böylece sekonder sargıda bir gerilim endüklenir. Endüklenen gerilimin değeri, sekonder sargının sarım sayısı ve kesitine bağlı olarak değişir.

### 5.1.3 Transformator çeşitleri

Kullanma amaçlarına göre transformatorler değişik özelliklerde yapılır. Başlıcaları şunlardır:

1. Besleme transformatorü
2. Yalıtım transformatorü
3. Muayyen frekans transformatorü
4. Hat transformatorü
5. Empedans transformatorü
6. Oto transformatorü
7. Darbe transformatorü

#### 1. Besleme transformatorü

Elektrik ve elektronik devrelerde çalışan cihazlar, şebeke geriliminden yüksek veya düşük besleme geriliminde çalışırlar. Bu cihazların çalışma gerilimini şebeke gerilimini uygunlaştıran trafolardır.

## 2. Yalıtım transformatörü

Elektrik ve elektronik cihazlarda bakım, onarım ve ölçme yapan kişilerin şebeke gerilimine dokunup zarar görmemesi için yapılır. Şebeke toprağı ile cihazın toprağını birbirinden yalıtır. Bu trafoların dönüştürme oranları 1/1 dir.

## 3. Muayyen frekans transformatörü

Radio, televizyon, telsiz gibi cihazlarda ara frekans ( I.F ) katında kullanılan transformatördür. Ferromanyetik nüveli, tornavida ile ayarlanabilen bir bobindir. Şekil 1.29 'da nüve ayarlı bobin şekilleri verilmiştir.

## 4. Hat transformatörü

Seslendirme tesisatlarında, kablolarda hat boyunca zayıflayan enerjiyi kuvvetlendiren bir transformatördür. Şekil 7.13'te hat transformatörlerinin devreye bağlanması verilmiştir.

## 5. Empedans transformatörü

Elektronik devrelerde bir katın empedansını, diğer bir katın empedansına uygunlaştırmak için kullanılan transformatörlerdir. Amplifikatörün çıkış empedansına hoparlör empedansına uygunlaştırmak için bu transformatörler kullanılır.

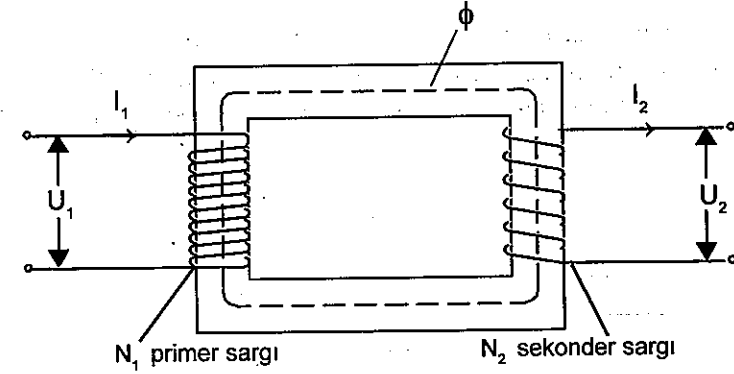
## 6. Oto transformatörü

Şebeke gerilimini düşürmek, yükseltmek veya çeşitli gerilimler elde etmek için kullanılan tek sargılı bir transformatördür. Bu sargı hem primer hem de sekonder görevini yapar. Sabit ve ayarlı olmak üzere iki çeşidi vardır. Ayarlı olanına varyak adı verilir.

## 7. Darbe transformatörü

Tristör ve triyakları tetiklemede kullanılan ferromanyetik nüveli bir transformatördür. Kumanda devresinin çıkışındaki tetikleme sinyallerini manyetik yolla tristör ve triyaklara gönderirler. Aynı zamanda yüksek gerilim hattı ile düşük gerilim hattını birbirinden yalıtır.

## 5.1.4 Transformatörün hesaplaması



Şekil 5.3 : Transformatör hesabı

### Primer gerilimi ( U<sub>1</sub> )

$$U_1 = 4,44 \cdot f \cdot \phi \cdot N_1 \cdot 10^{-8} \dots\dots\dots ( \text{volt} )$$

### Sekonder gerilimi ( U<sub>2</sub> )

$$U_2 = 4,44 \cdot f \cdot \phi \cdot N_2 \cdot 10^{-8} \dots\dots\dots ( \text{volt} )$$

### Dönüştürme oranı ( k )

$$k = \frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

### Sipir başına endüklenen gerilim ( U<sub>s</sub> )

$$U_s = \frac{U_1}{N_1} \quad \text{veya} \quad U_s = \frac{U_2}{N_2} \dots\dots\dots ( \text{volt/sipir} )$$

### Görünür güç ( S )

$$S_1 = U_1 \cdot I_1 \dots\dots\dots ( \text{VA} )$$

Burada, U<sub>1</sub> : Primer gerilimi .....( volt )

U<sub>2</sub> : Sekonder gerilimi .....( volt )

- f : Şebeke frekansı .....( Hz )  
 $\phi$  : Manyetik akı .....( maksvel )  
 $N_1$  : Primer sarım sayısı  
 $N_2$  : Sekonder sarım sayısı  
k : Dönüştürme oranı  
 $I_1$  : Primer akımı .....( amper )  
 $I_2$  : Sekonder akımı .....( amper )  
 $U_s$ : Siper başına endüklenen gerilim..( volt/siper )  
S: Görünür güç.....( VA )

### Örnek 1:

Bir transformatörün primer siper sayısı 550 siper, sekonder siper sayısı ise 60 siperdir. Primere 220 voltluk bir gerilim uygulandığında, sekonderde kaç voltluk gerilim elde edilir?

### Çözüm 1:

$$\begin{aligned} N_1 &= 550 \text{ siper} \\ N_2 &= 60 \text{ siper} \\ U_1 &= 220V \\ U_2 &= ? \end{aligned} \quad \frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1}{U_2} \Rightarrow U_2 = \frac{N_2 \cdot U_1}{N_1} = \frac{60 \cdot 220}{550} = 24V$$

### Örnek 2:

Bir transformatörün primer gerilimi 220 volt, sekonder gerilimi 12 volt, sekonder akımı 1,1 amper ve siper başına endüklenen gerilim 0,5 volt olduğuna göre :

- a) Primer akımını,  
b) Primer ve sekonder siper sayılarını bulunuz.

### Çözüm 2:

$$\begin{aligned} U_1 &= 220V \\ U_2 &= 12V \\ I_2 &= 1,1A \\ U_s &= 0,5V \end{aligned} \quad \begin{aligned} \text{a) } I_1 &= ? \\ \text{b) } N_1 &= ? \\ N_2 &= ? \end{aligned}$$

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1} \Rightarrow I_1 = \frac{U_2 \cdot I_2}{U_1} = \frac{12 \cdot 1,1}{220} = 0,06A$$

$$U_s = \frac{U_1}{N_1} \Rightarrow N_1 = \frac{U_1}{U_s} = \frac{220}{0,5} = 440 \text{ siper}$$

$$U_s = \frac{U_2}{N_2} \Rightarrow N_2 = \frac{U_2}{U_s} = \frac{12}{0,5} = 24 \text{ siper}$$

### Örnek 3:

Bir transformatörün primer gerilimi 220 volt, sekonder gerilimi 55 volt, primer siper sayısı 1200 siper, sekonder akımı 8 amper olduğuna göre ;

- a) Dönüştürme oranını,  
b) Sekonder siper sayısını,  
c) Primer akımını,  
ç) Siper başına endüklenen gerilimi bulunuz.

### Çözüm 3:

$$\begin{aligned} U_1 &= 220V \\ U_2 &= 55V \\ N_1 &= 1200 \text{ siper} \\ I_2 &= 8A \end{aligned} \quad \begin{aligned} \text{a) } k &= \frac{U_1}{U_2} \Rightarrow k = \frac{220}{55} = 4 \\ \text{b) } N_2 &= \frac{N_1}{k} = \frac{1200}{4} = 300 \text{ siper} \\ \text{c) } I_1 &= \frac{I_2}{k} = \frac{8}{4} = 2A \\ \text{d) } U_s &= \frac{U_1}{N_1} \Rightarrow U_s = \frac{220}{1200} = 0,18 \text{ volt/siper} \end{aligned}$$

### Örnek 4:

Bir transformatörün primer gerilimi 220 volt, primer akımı 0,23 amperdir. Görünür gücünü bulunuz.

### Çözüm 4:

$$\begin{aligned} U_1 &= 220V \\ I_1 &= 0,23A \\ S_1 &= ? \end{aligned} \quad S_1 = U_1 \cdot I_1 \Rightarrow S_1 = 220 \cdot 0,23 \Rightarrow S_1 = 50,6 \text{ VA}$$



## 5.2 Doğrultma ve Filtre Devreleri

### 5.2.1 Doğrultma devreleri

Alternatif akımı doğru akıma çevirmek için kullanılan devrelere **doğrultma devreleri** denir. Doğrultma devreleri, çeşitli şekillerde yapılır.

Başlıcaları şunlardır:

1. Yarım dalga doğrultma devreleri

2. Tam dalga doğrultma devreleri

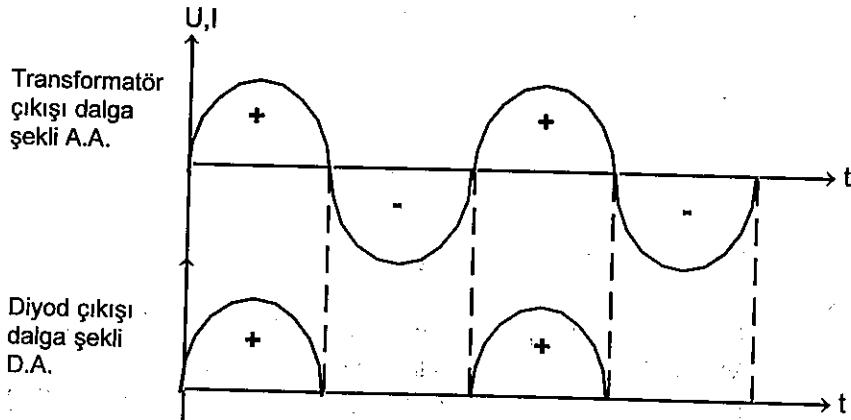
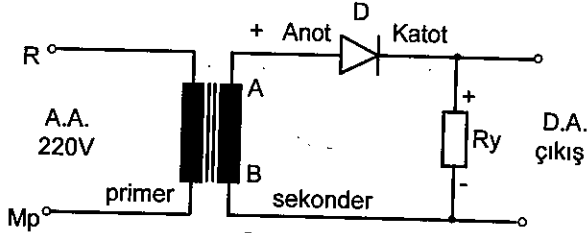
a) İki diyodlu

b) Köprü tipi

#### 5.2.1.1 Yarım dalga doğrultma devreleri

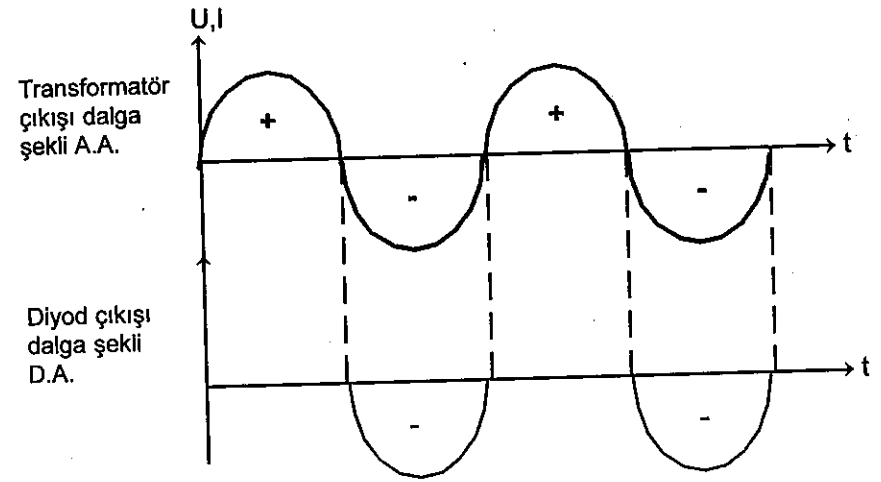
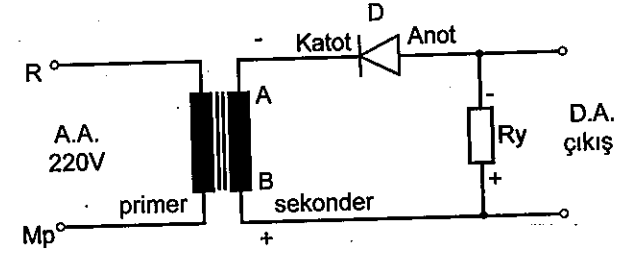
Şekil 5.4'te yarım dalga doğrultma devresi görülmektedir. Devrede, sinüsoidal alternatif gerilimin pozitif alternansında A noktasının (+), B noktasının (-) polaritede olduğunu varsayalım: Diyodun anoduna pozitif gerilim uygulandığından diyod iletme geçer ve devrede akım dolaşır.

Negatif alternansta A noktası (-), B noktası (+) polaritededir. Diyodun anotuna negatif gerilim uygulandığından diyod yalıtımda olup devreden akım geçmez.



Şekil 5.4 : Yarım dalga doğrultma devresi, diyod girişi ve çıkışı dalga şekilleri

Şekil 5.4'te transformatör ve diyod çıkışındaki dalga şekilleri görülmektedir. Çıkış dalga şekli sadece pozitif alternanslardan oluşur. Diyod yönü değiştirildiğinde aynı olaylar negatif alternansta gerçekleşir (Şekil 5.5).



Şekil 5.5 : Yarım dalga doğrultma devresi, diyod girişi ve çıkışı dalga şekilleri

#### Yarım dalga doğrultmaçta akım - gerilim ilişkileri

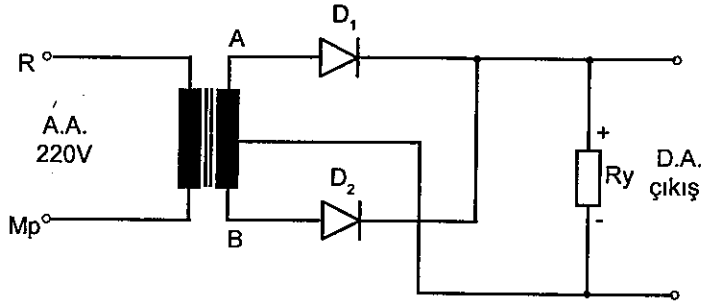
$$U_{2DA} = 0,45 \cdot U_2 \quad I_{2DA} = 0,636 \cdot I_2$$

Burada,  $U_{2DA}$  : Doğrultmaç çıkış gerilimi ..... ( volt )  
 $U_2$  : Transformatör çıkış gerilimi ..... ( volt )  
 $I_{2DA}$  : Doğrultmaç çıkış akımı ..... ( Amper )  
 $I_2$  : Transformatör çıkış akımı ..... ( Amper )

Yarım dalga doğrultmaçlarda transformatör çıkışı gerilimin yarısı kullanılabilir. Doğrultulan gerilim bir alternans boyunca yalıtkan olduğundan kırılma (kesinti) fazladır. Bu nedenle hassas doğrultmaya ihtiyaç olmayan doğru akım devrelerinde kullanılır.

### 5.2.1.2 Tam dalga doğrultma devreleri

#### İki diyodlu ( orta uçlu ) tam dalga doğrultma devreleri

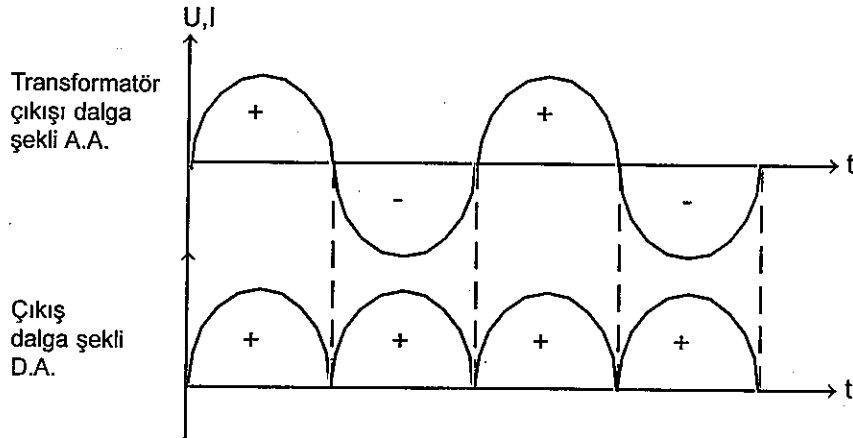


Şekil 5.6 : İki diyodlu ( orta uçlu ) tam dalga doğrultmaç devresi

Şekil 5.6'daki devrede gerilimin pozitif alternansında A noktasının pozitif, B noktasının negatif polaritede olduğunu varsayalım:  $D_1$ 'in anoduna pozitif gerilim uygulandığından  $D_1$  diyodu iletimdedir. Orta uçtan devre tamamlanır.  $D_2$  diyodunun anoduna negatif gerilim uygulanmış olup yalıttır.

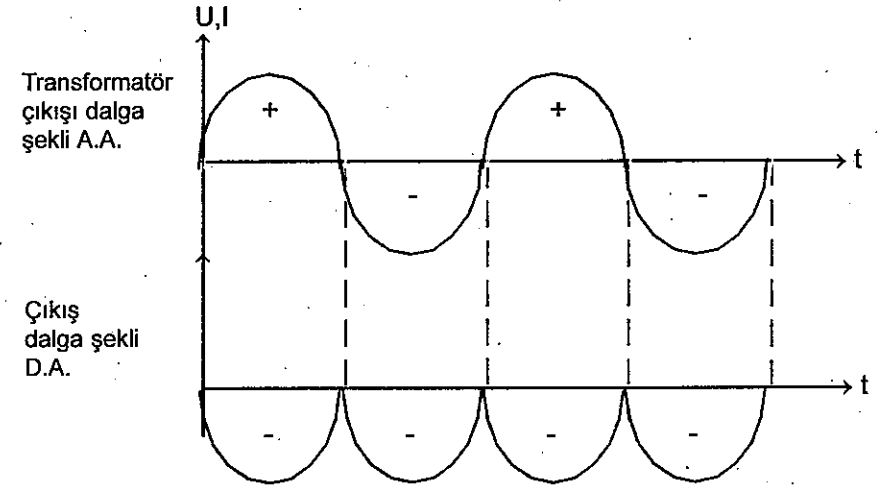
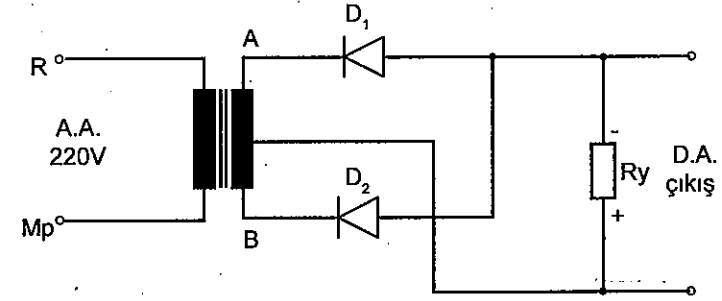
Gerilimin negatif alternansında uçların polaritesi yer değiştirir. A noktası negatif, B noktası pozitif polariteye sahip olur. Bu durumda  $D_1$  diyodu yalıttır,  $D_2$  diyodu iletimde olur. Her alternansta sıra ile  $D_1$  ve  $D_2$  diyodları iletimde olur. Gerek  $D_1$  gerekse  $D_2$  iletimde olduğunda yükten geçen akımın yönü aynıdır.

Devrenin transformator ve diyod çıkış eğrileri Şekil 5.7'de görülmektedir.



Şekil 5.7 : Orta uçlu iki diyodlu doğrultma devresi transformator çıkışı ve diyodların çıkışı dalga şekilleri

Diyodlar ters bağlandığında yukarıdaki olaylar negatif alternansta gerçekleşir ( Şekil 5.8 ).



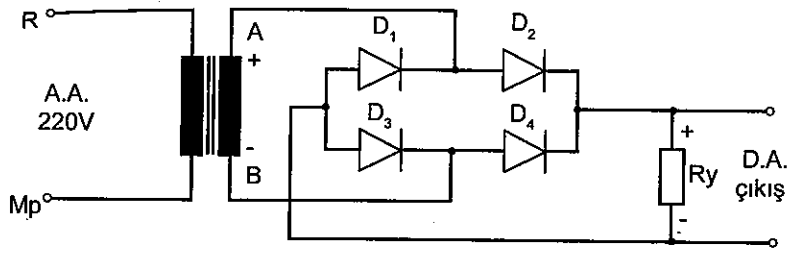
Şekil 5.8 : İki diyodlu ( orta uçlu ) tam dalga doğrultmaç devresi ve dalga şekilleri

#### Orta uçlu tam dalga doğrultmaçlarda akım - gerilim ilişkileri

$$U_{2DA} = 0,9 \cdot U_2 \quad I_{2DA} = 0,79 \cdot I_2$$

#### Köprü tipi doğrultma devreleri

Şekil 6.10'daki devrede dört diyod kullanılmıştır. Gerilimin pozitif alternansında A noktasının (+), B noktasının ise (-) polaritede olduğunu varsayalım: Akım, (+)'dan (-)'ye doğru  $D_2$  - yük -  $D_3$  yolunu izleyerek devresini tamamlar. Bu akım, yük üzerinde üst uç (+), alt uç (-) polaritede olacak şekilde gerilim düşümü meydana getirir.

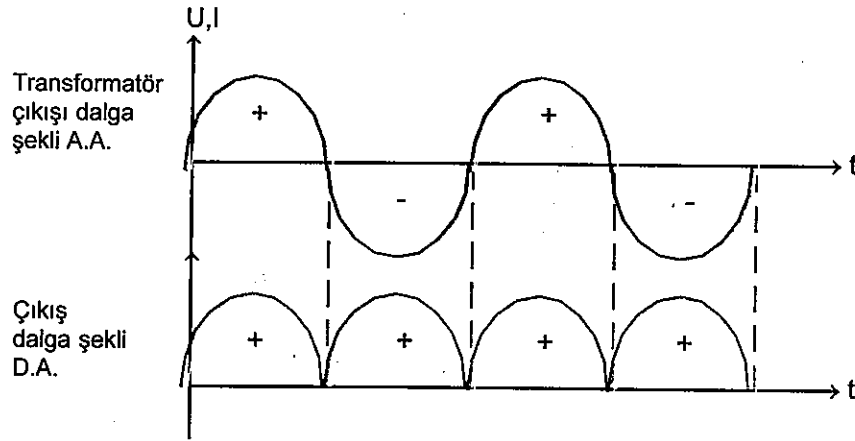


Şekil 5.9 : Köprü tipi tam dalga doğrultmaç devresi

Gerilimin negatif alternansında A noktası (-), B noktası (+) polaritededir. Bu durumda akım  $D_4$  - yük -  $D_1$  yolunu izleyerek devresini tamamlar. Bu akım yük üzerinde üst uç (+), alt uç (-) polaritede olacak şekilde gerilim düşümü meydana getirir.

Yükten her iki durumda da aynı yönlü akım geçer. Böylece alternatif akımın her iki alternansı da doğrultulmuş olur.

Şekil 5.10 'da devrenin transformatör ve diyod çıkışı dalga şekilleri görülmektedir.



Şekil 5.10 : Köprü tipi tam dalga doğrultmaç çıkış dalga şekilleri

Köprü tipi tam dalga doğrultma devresinde diyodların yönü değiştirilirse yük uçlarındaki gerilimin yönü değişir. Yükün üst ucu (-), alt ucu (+) polaritede olacak şekilde gerilim düşümü meydana getirir.

**Köprü tipi tam dalga doğrultmaçlarda akım - gerilim ilişkileri**

$$U_{2DA} = 0,9 \cdot U_2 \quad I_{2DA} = 0,9 \cdot I_2$$

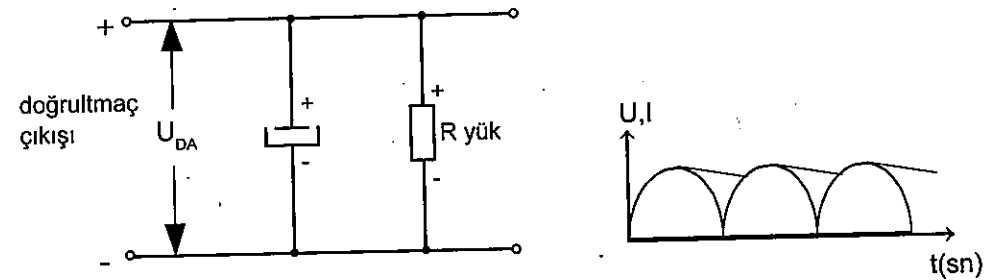
### 5.2.1.3 Filtre devreleri

Doğrultmaç çıkışında elde edilen gerilim ve akım, doğru akıma göre bir miktar dalgalıdır. Dalgalanmayı en aza indirmek için filtre (süzgeç) devreleri kullanılır.

Filtre devrelerinde kondansatör veya bobin kullanılır. Buna göre üç çeşit filtre devresi vardır.

#### Kondansatörlü filtre devreleri

Şekil 5.11 'deki bağlantıda filtre amacı ile elektrolitik kondansatör kullanılmıştır. Kondansatör, doğrultmaç çıkış geriliminin pozitif veya negatif alternansında, gerilim yükselirken tepe değerinde şarj olur. Kondansatörün şarj gerilimi çıkış gerilimi sıfıra doğru düşerken iki tepe noktası arasında deşarj olarak devreyi besler. Kondansatörün deşarj süresi yükün çektiği akıma bağlıdır. Böylece doğruya daha yakın bir gerilim elde edilmiş olur.



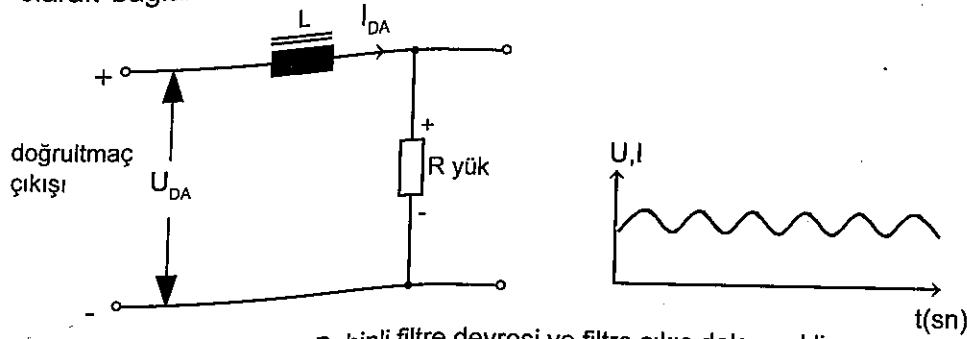
Şekil 5.11 : Kondansatörlü filtre devresi ve filtre çıkışı dalga şekli

Kondansatörlü filtre devresi Şekil 5.11'de görüldüğü gibi doğrultmaç çıkışına paralel bir kondansatör bağlanarak yapılır. Kondansatörün kapasitesi arttıkça veya yük miktarı azaldıkça dalgalanma azalır. Bu tip filtre devrelerinde kullanılan kondansatörün gerilimi, doğrultmaç devresi çıkış geriliminin en az 1.41 katı olmalıdır. Kondansatörün kapasitesi de yükün çektiği akıma göre 500 - 4700  $\mu F$  arasında seçilebilir.

Kondansatörlü filtre devreleri düşük akımlı, yüksek gerilimli yerlerde kullanılmaktadır.

## Bobinli filtre devreleri

Bobinli filtre devreleri, bobinin içinden geçen akım değişmelerine karşı koyma özelliğinden faydalanılarak yapılır. Demir nüveli, şok bobini yüke seri olarak bağlanır.

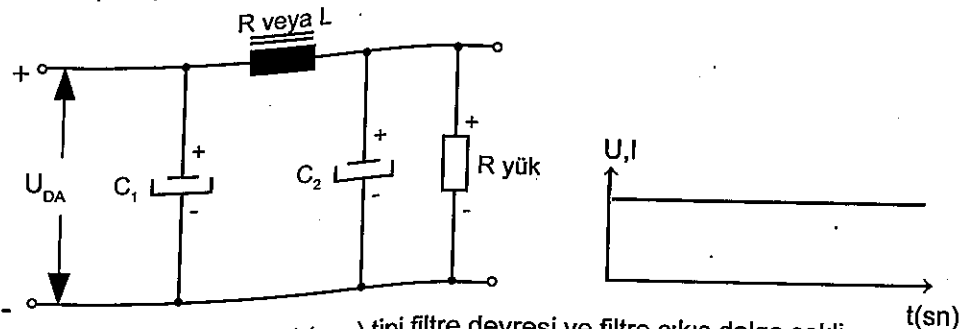


Şekil 5.12 : Bobinli filtre devresi ve filtre çıkış dalga şekli

Şekil 5.12' deki devreye alıcı bağlandığında bobinden geçen dalgalı  $I_{DA}$  akımı, bobin etrafında bir manyetik alan meydana getirir. Bu manyetik alan bobin üzerinde kendini meydana getiren gerilime zıt yönde bir öz endükleme elektromotor kuvveti endükleyerek üzerinden geçen akımdaki değişmelere engel olur. Yani akım yükselirken yükselmesine, düşerken düşmesine engel olur. Böylece yük üzerindeki akım sabit tutulmuş olur.

Bu tip filtre devreleri, yüksek akım istenen doğrultmaç çıkışlarına bağlanır.

## Pi ( $\pi$ ) tipi filtre devreleri



Şekil 5.13 : Pi (  $\pi$  ) tipi filtre devresi ve filtre çıkış dalga şekli

Şekil 5.13' te pi (  $\pi$  ) tipi filtre devresi görülmektedir. Bu bağlantı, kondansatör ve bobinli filtre devrelerinin birleştirilmiş hâlidir. Devreye R direnci bağlı iken  $C_1$  ve  $C_2$  kondansatörleri ayrı ayrı filtre işlemi yaparak dalgalanmayı en aza indirir. R direncinin filtre işleminde fonksiyonu yoktur.

Devrenin iki ayrı filtre devresi gibi davranmasını sağlar. R direnci yerine devreye L bobini bağlı iken  $C_1$  ve  $C_2$  kondansatörlerinin filtre işlemine ek olarak L bobini de filtre işlemi yapar. Devredeki kondansatör, yük uçlarındaki gerilim, bobin ise yük üzerindeki akımın anî dalgalanmasını önler. Böylece dalgalanma, önceki duruma göre çok daha azalır.

## 5.3 Regüle Devreleri

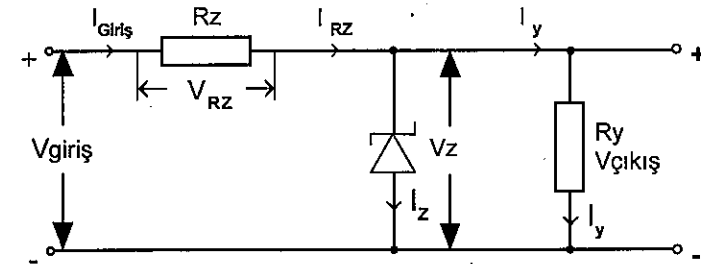
Doğru akım ile çalışan cihazlarda sabit bir gerilime ihtiyaç vardır. Alıcı uçlarındaki gerilimi değiştiren iki faktör vardır. Bunların birincisi şebeke geriliminin değişimidir. Şebeke geriliminin artması veya azalması, doğrultmaç çıkışında alıcıya uygulanan gerilimi artırır veya azaltır. İkinci faktör, yük akımının değişimidir. Doğrultmaç çıkışına bağlanan yükler değiştirildikçe çektiği yük akımları da farklılıklar gösterir. Buna bağlı olarak alıcı (yük) uçlarındaki gerilim değişir.

Yukarıda sayılan olumsuz durumları engellemek için gerilim regülasyonu yapılır. Böylece yük uçlarındaki gerilimin her durumda sabit kalması sağlanır. Gerilim regülasyonu amacı ile kullanılan devrelere **regüle devreleri** adı verilir.

Dört çeşit regüle devresi vardır :

1. Zener diyodlu regüle devresi
2. Seri regüle devresi
3. Şönt regüle devresi
4. Entegre ( IC ) regüle devresi

### 5.3.1 Zener diyodun regülâtör olarak kullanılması



Şekil 5.14 : Zener diyodlu regüle devresi

Şekil 5.14'teki devrede görüldüğü gibi zener diyod yüke paralel bağlanmıştır.

Filtre devresinin çıkışından regüle devresine uygulanan  $V_{giriş}$  gerilimi, zener diyodun çalışma geriliminin altında ise zener diyod yalıtıktır.  $V_{giriş}$  gerilimi  $R_z$  direnci üzerinden yük uçlarına aktarılır.  $I_{RZ}$  akımı  $I_y$  akımına eşit olur.

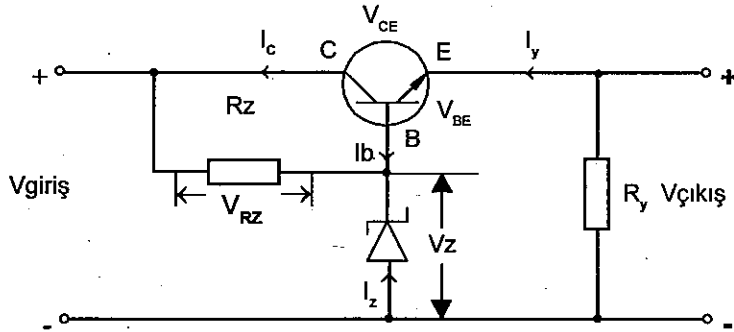
Kirşofun Gerilimler Kanununa göre  $V_{giriş} = V_{RZ} + V_{çıkış}$  olur.  $V_{giriş}$  gerilimi zener diyodun çalışma geriliminin üstünde ise zener diyod iletme geçer.  $V_z$  geriliminin üstündeki gerilim  $R_z$  direnci üzerinde düşer. Bu durumda Kirşofun Akımlar Kanunu'na göre  $R_z$  direncinden geçen akım  $I_{RZ} = I_z + I_y$  olur. Giriş gerilimi arttıkça  $R_z$  direnci üzerinden geçen  $I_{RZ}$  akımı ve zener üzerinden geçen  $I_z$  akımı artar ve  $I_y$  akımı sabit kalır.

Zener uçlarındaki gerilimin sabit kalması için  $V_z = I_z \cdot R$  formülüne göre  $I_z$  akımı arttığında, zener diyodun iç direnci azalır.  $I_z$  akımı azaldığında ise iç direnci artar. Zener diyod yüke paralel olduğundan, zener uçlarındaki gerilim ile yük uçlarındaki gerilim birbirine eşit olur. Böylece yük uçlarındaki gerilimin değeri zener diyod gerilimini geçmez.

Zener diyodlu regüle devrelerinde giriş gerilimi yük uçlarında bulunması gereken gerilimden 3 volt kadar büyük uygulanır. Zener diyod gerilimi ise yük uçlarındaki gerilimden 0,1 volt büyük seçilir.

### 5.3.2 Seri regüle devreleri

Şekil 5.15'teki seri regüle devresinde transistör yüke seri bağlanmıştır. Bu yüzden devreye **seri regüle devresi** denir.



Şekil 5.15 : Seri regüle devresi

Seri regüle devresinin çalışması, giriş geriliminin büyük olduğu, küçük olduğu ve yük uçlarından çekilen akımların arttığı üç ayrı durum için incelenecektir.

Şekil 5.15'teki devrede  $V_{giriş}$  gerilimi,  $V_{çıkış}$  geriliminden büyük olsun. Bu anda zener diyod uçlarındaki gerilim, zener geriliminin üzerinde olduğundan iletme geçer. İletimdeki zener diyodun iç direnci çok

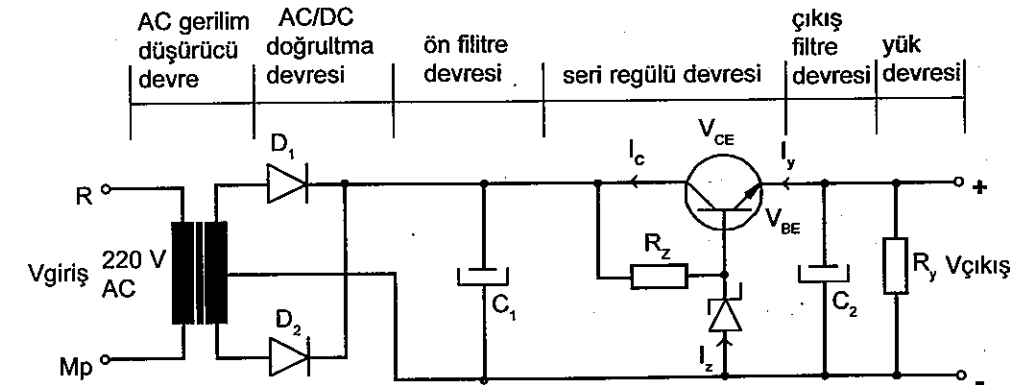
küçüleceğinden,  $I_z$  zener akımı en büyük değerindedir.  $R_z$  direnci üzerinden  $I = I_z + I_b$  akımı geçtiğinden,  $I_z$  akımı büyükken  $I_b$  beyz akımı küçülür. Beyz akımının küçülmesi transistörün kollektör-emiter iç direncinin büyümesine neden olur. Bu durumda  $V_{giriş}$  geriliminin fazlası kollektör-emiter arasında düşer,  $V_{çıkış}$  gerilimi sabit kalır.

$$V_{çıkış} = V_{giriş} - V_{CE}, \quad V_{giriş} = V_{RZ} + V_z \text{ olur.}$$

$V_{giriş}$  gerilimi azalırsa zener diyod uçlarındaki gerilim, zener geriliminden küçük olduğunda yalıtıma geçer. Yalıtımdaki zener diyodun iç direnci çok büyük olduğundan,  $I_z$  zener akımı sifıra yakındır.  $I = I_z + I_b$  olduğundan,  $I_z$  akımı küçükken  $I_b$  beyz akımı büyür. Beyz akımının büyümesi transistörün iletimini artırır ve giriş geriliminin tamamı çıkışa uygulanır. Bu şekilde çıkıştaki gerilim sabit kalır.

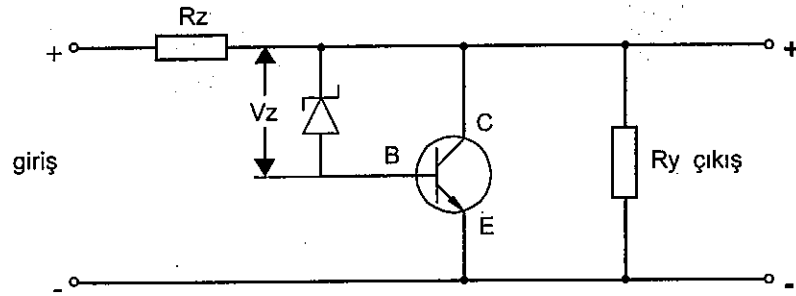
Çıkışa bağlanan yükün çektiği akım arttığında,  $I_c$  akımının artmasına neden olur. Yük akımı artınca  $V_{giriş}$  gerilimi azalır. Buna bağlı olarak  $R_z$  ve zener diyod uçlarında daha az bir gerilim düşümü olur. Zener diyod uçlarındaki gerilim, zener geriliminin altına düşdüğünde yalıtıma geçer. Zener diyodun iç direnci çok büyüdüğünden,  $R_z$  üzerinden geçen akımın tamamı  $I_b$  beyz akımı olarak geçerek transistörü iletme geçirir. Böylece iletme geçen transistörün kollektör-emiter direnci küçülür. Giriş geriliminin tamamı çıkışa aktarılarak, çıkış gerilimindeki azalma karşılanmış olur.

Seri regüle devrelerinde transistör çıkış akımını, zener diyod ise çıkış gerilimini kontrol eder. Devrede giriş gerilimi çıkış geriliminden 3 volt kadar büyük tutulur. Şekil 5.16'da seri regüle devresinin doğrultmaç, filtre ve regüle devresi ile birlikte yüke bağlantısı görülmektedir.



Şekil 5.16 : Doğrultmaç filtre ve regüle devrelerinin birlikte bağlantısı

### 5.3.3 Şönt regüle devreleri



Şekil 5.17 : Şönt regüle devresi

Şekil 5.17'deki devrede transistör yüke paralel bağlanmıştır. Bu yüzden **şönt ( paralel ) regüle devresi** adı verilmiştir. Devrede yük direnci azaldığında yük akımı artar. Buna bağlı olarak  $R_z$  direnci uçlarındaki gerilim de artar. Transistörün beyz polarması ve emiter - kollektör akımı azalır. Böylece yük uçlarındaki gerilim normal değerine yükselir.

Yük direnci arttığında yük akımı azalır. Buna bağlı olarak  $R_z$  direnci uçlarındaki gerilim azalır. Transistör uygun değerde beyz polarması aldığından emiter - kollektör akımı artar. Böylece çıkış gerilimi normal değerine düşer. Her iki durumda da çıkış gerilimi yük değişimlerinde sabit kalmış olur.

### 5.3.4 Entegreli regüle devreleri

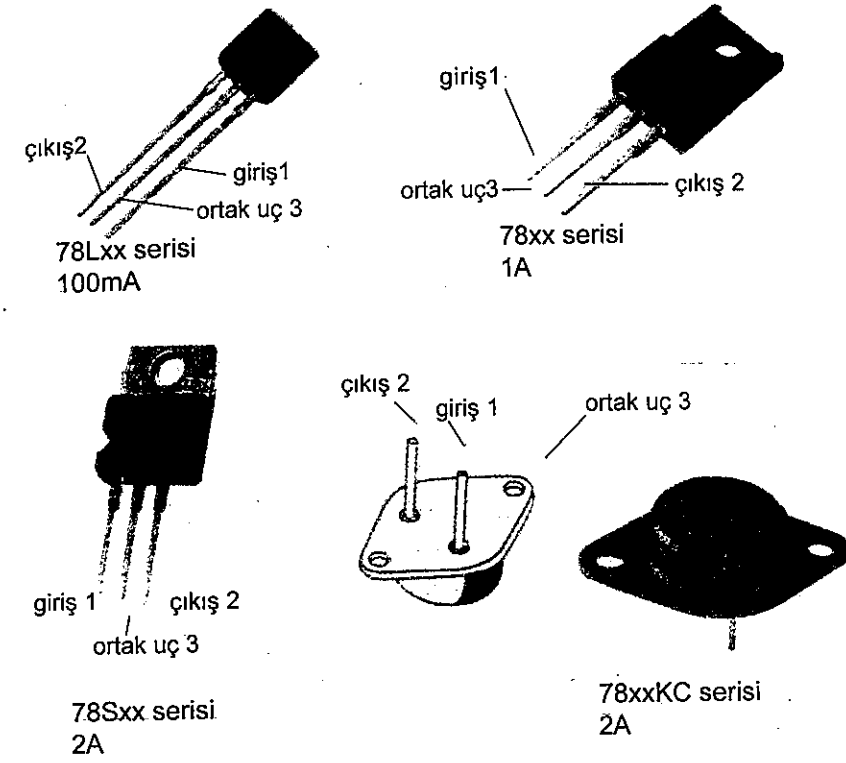
Zener diyod ve transistörlerle yapılan regüle devreleri, ortak kılıf içerisinde alınarak entegre regülâtörleri üretilmiştir. Az yer kaplamaları, montaj kolaylığı, çok iyi regüle sağlamaları ve ucuz olmaları nedeni ile tercih edilirler.

Entegreli gerilim regülâtörleri üç çeşittir :

1. Pozitif gerilim regülâtörleri
2. Negatif gerilim regülâtörleri
3. Ayarlanabilir gerilim regülâtörleri

#### Pozitif gerilim regülâtörleri

78 ve TDD16 ile başlayan kod numaralı entegrelerdir. Entegrenin çıkış ucundan pozitif gerilim alınır. Entegre kod numarasının 3. ve 4. rakamları, entegre çıkışından alınacak gerilim değerlerini belirtir. Örneğin, 7805 entegresinin çıkışından +5 volt alınabilir.

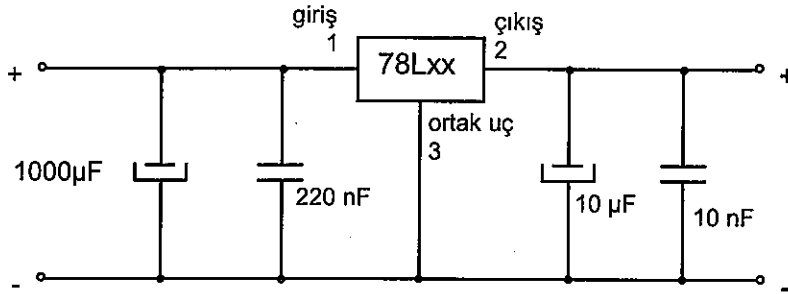


Resim 5.1 : 78 serisi entegrelerin kılıf şekilleri ayak bağlantıları

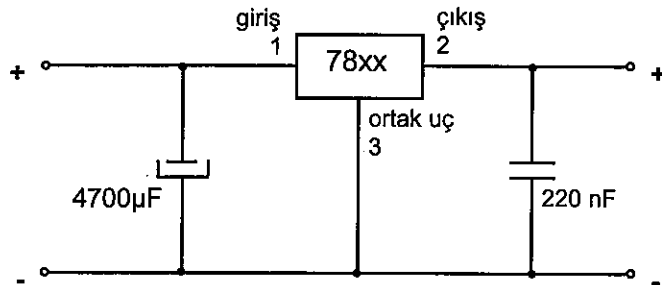
Tablo 5.1 ' de 78 serisi entegreler ve akım değerleri verilmiştir.

Tablo 5.1 : 78 serisi entegreler ve akım değerleri

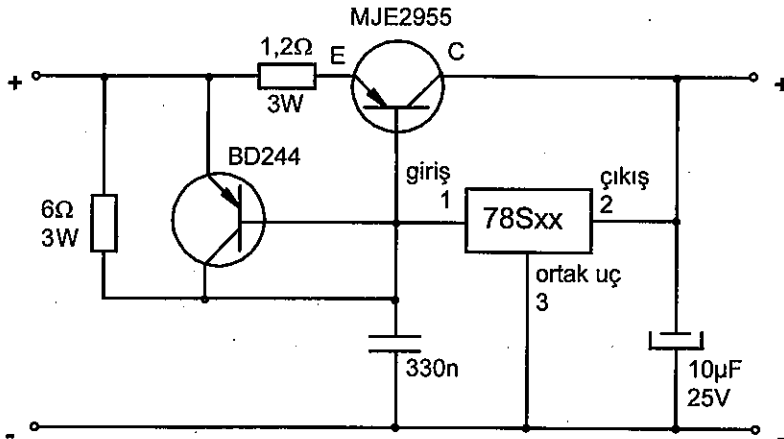
100 mA	78L02 , 78L05 , 78L06 78L08 , 78L09 , 78L10 78L12 , 78L15	2A	78S05 , 78S7,5 , 78S09 78S10 , 78S12 , 78S15 78S18 , 78S24
500mA	78M05, 78M06, 78M08 78M12, 78M15, 78M18 78M24	5A	78H05 KC , 78H12 KC
		10A	78P05 KC
1A	7805 , 7806 , 7808 , 7809 , 7810 , 7812 , 7815 , 7818 , 7824		
1,5 A	7805KC , 7812KC , 7815KC , 7824KC		



Şekil 5.18 : 78Lxx 100mA pozitif gerilim regülâtörü



Şekil 5.19 : 78xx 1A pozitif gerilim regülâtörü



Şekil 5.20 : 78Sxx 3A pozitif gerilim regülâtörü

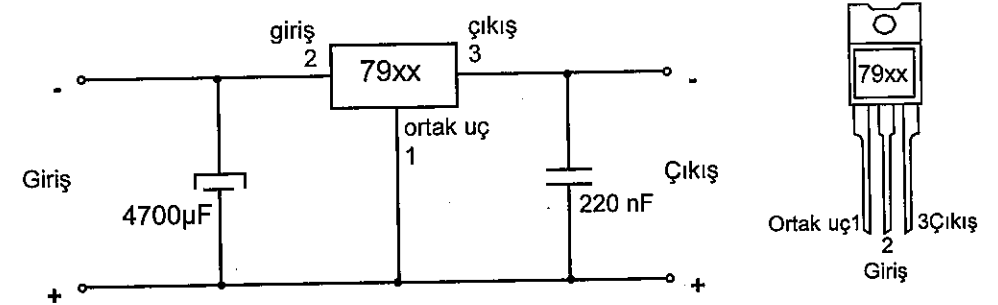
## Negatif gerilim regülâtörleri

79 ile başlayan kod numaralı entegrelerdir. Entegrenin çıkış ucundan negatif gerilim alınır. Entegre kod numarasının 3. ve 4. rakamları entegre çıkışından alınacak gerilimin değerini belirtir. Örneğin, 7912 entegresinin çıkışından -12 volt alınabilir.

Tablo 5.2' de 79 serisi entegreler ve akım değerleri verilmiştir.

Tablo 5.2 : 79 serisi entegreler ve akım değerleri

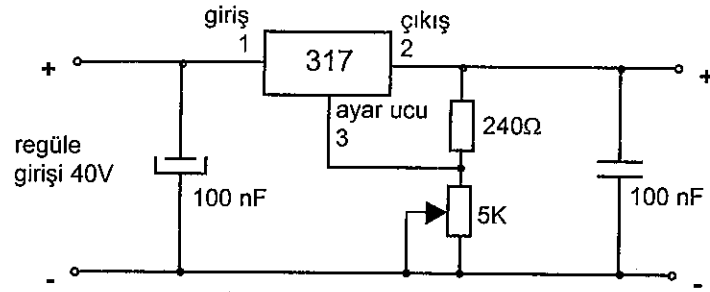
100 mA	79L05 , 79L06 , 79L08 , 79L10 , 79L12 , 79L15 , 79L18 , 79L24
500 mA	79M05 , 79M06 , 79M08 , 79M12 , 79M15 , 79M18 , 79M24
1 A	7905 , 7906 , 7908 , 7912 , 7915 , 7918 , 7924
1,5A	7912 KC , 7915KC



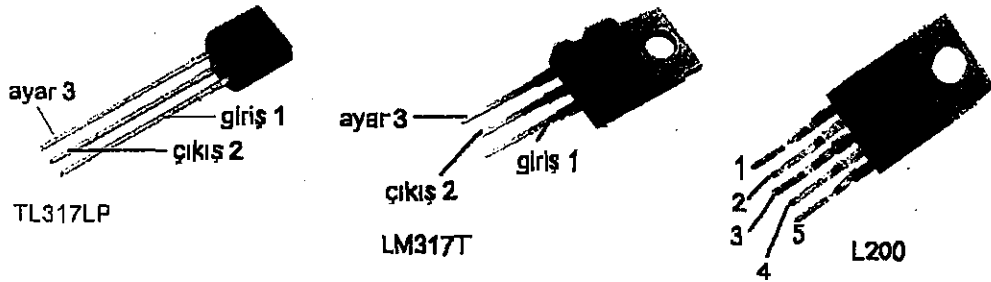
Şekil 5.21 : 79 Serisi negatif gerilim entegresinin devreye bağlantısı

## Ayarlanabilir gerilim regülâtörleri

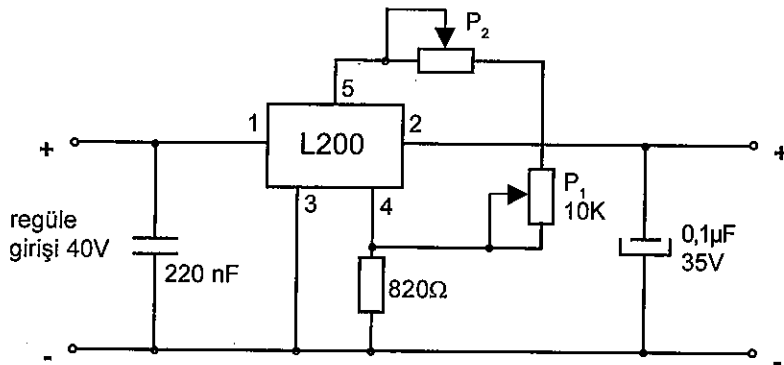
Belirli sınırlar içerisinde çeşitli gerilim değerleri verebilen entegrelerdir. LM117, LM317, LM350, LM723, LT1038CK, L200 gibi entegreler ayarlı gerilim verebilmektedir. Ayrıca sabit çıkışlı entegre devresine potansiyometre ilâve edip küçük bir değişiklik ile ayarlı gerilim regülâtörü olarak kullanılabilir. Ayarlı gerilim regüle entegrelerinden LM317L entegresi 100mA, LM317K, LM317T entegresi 1,5 A, L200 entegresi 2A, LM350T entegresi 3A çıkış akımı verebilmektedir.



Şekil 5.22 : 100mA 1,2 -32 V ayarlanabilir gerilim regülâtör



Resim 5.2 : Ayarlanabilir gerilim regülâtörleri entegreleri



Şekil 5.23 : Ayarlanabilir gerilim regülâtörleri entegreleri

Şekil 5.23'te verilen devre ile 2,85 volt ile 36 volt arası gerilim ayarı yapılabilmektedir. 2 ampere kadar çıkış akımı verebilmektedir.

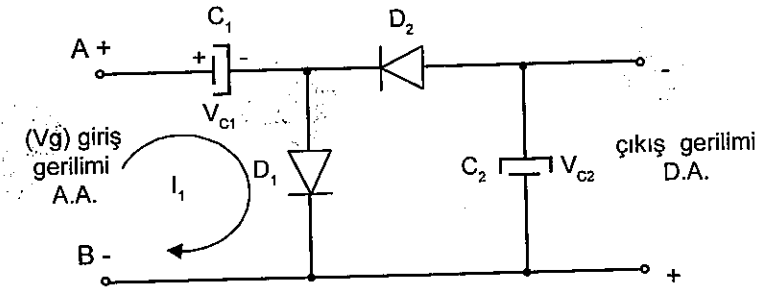
## 5.4 Gerilim Çoklayıcılar

Düşük değerli alternatif gerilimi doğru gerilime çevirerek belirli oranlarda yükselten devrelere **gerilim çoklayıcılar** denir. Bu devreler çok az akım çeken ve yüksek gerilime ihtiyaç gösteren alıcıların beslenmesinde kullanılır.

Gerilim çoklayıcıların çıkışında, giriş geriliminin maksimum değerinin 2, 3, 4 veya daha çok katı gerilim alınabilir. TV ve osiloskop tüplerinin beslenmesinde kullanılır.

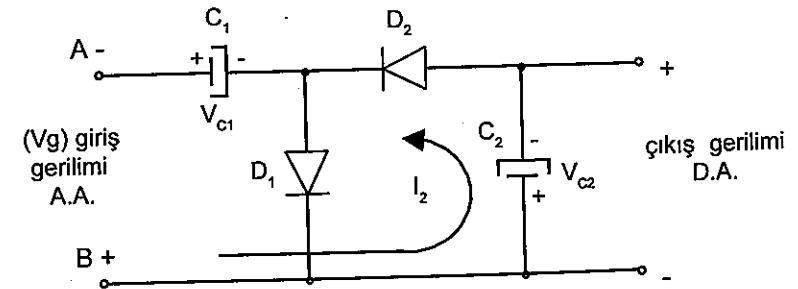
### 5.4.1 Gerilim ikileyiciler

#### 5.4.1.1 Yarım dalga gerilim ikileyici



Şekil 5.24 : Yarım dalga gerilim ikileyici

Şekil 5.24 'te alternatif gerilimin pozitif alternansında A noktasının (+), B noktasının (-) polaritede olduğunu düşünelim: Bu durumda  $D_1$  diyoduna doğru yönlü bir gerilim uygulandığından iletimdedir.  $D_2$  diyoduna ise ters yönlü bir gerilim uygulandığından yalıttımdadır. Devre akımı  $I_1$  yolunu izler.  $C_1$  kondansatörü, giriş geriliminin maksimum değeri ile şarj olur.

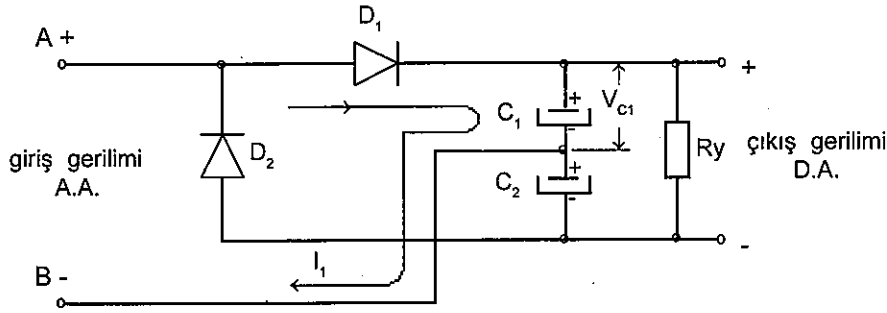


Şekil 5.25 : Yarım dalga gerilim ikileyici



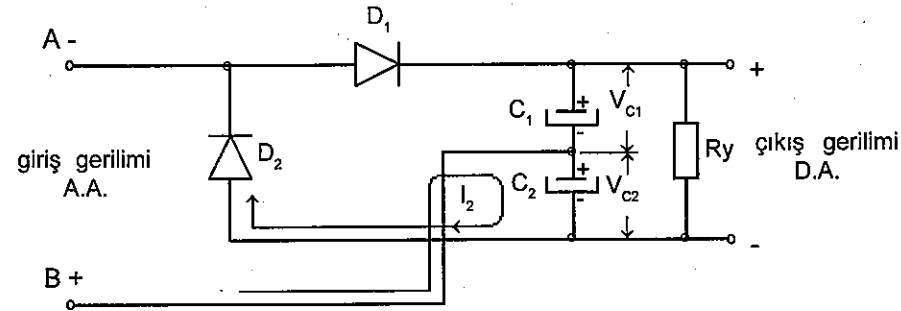
Şekil 5.25 'te alternatif gerilimin negatif alternansında A noktasının (-), B noktasının (+) polaritede olduğunu düşünelim: Bu durumda  $D_1$  diyoduna ters yönlü bir gerilim uygulandığından yalıttır.  $D_2$  diyoduna ise doğru yönlü bir gerilim uygulandığından iletimdedir. Devre akımı  $I_2$  yolunu izler.  $C_2$  kondansatörü  $V_{C1} + V_g = 2V_{max}$  ile şarj olur. Sonuç olarak; çıkışta giriş geriliminin iki katı gerilim alınır.

#### 5.4.1.2 Tam dalga gerilim ikileyici



Şekil 5.26 : Tam dalga gerilim ikileyici

Şekil 5.26 'da alternatif gerilimin pozitif alternansında A noktasının (+), B noktasının (-) polaritede olduğunu düşünelim. Bu durumda  $D_1$  diyoduna doğru yönlü bir gerilim uygulandığından iletimdedir.  $D_2$  diyoduna ise ters yönlü bir gerilim uygulandığından yalıttır. Devre akımı  $I_1$  yolunu izler.  $C_1$  kondansatörü giriş geriliminin maksimum değeri ile şarj olur.

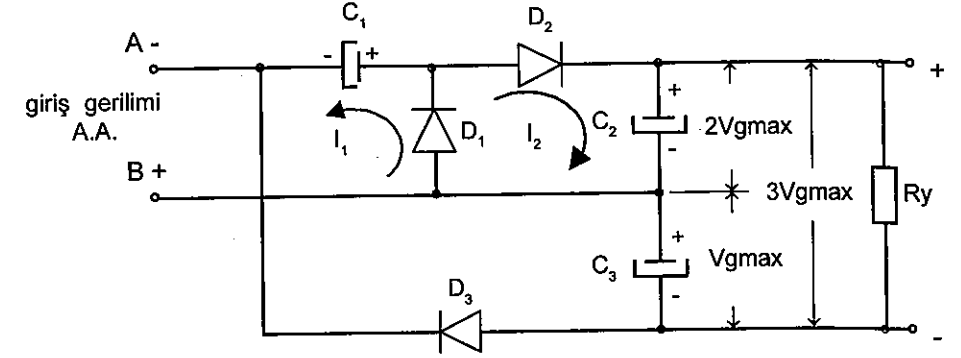


Şekil 5.27 : Tam dalga gerilim ikileyici

Şekil 5.27' de alternatif gerilimin negatif alternansında A noktasının (-) B noktasının (+) polaritede olduğunu düşünelim. Bu durumda  $D_1$  diyoduna ters yönlü bir gerilim uygulandığından yalıttır.  $D_2$  diyoduna ise doğru yönlü bir gerilim uygulandığından iletimdedir. Devre akımı  $I_2$  yolunu izler.

$C_2$  kondansatörü şarj olur. Çıkış gerilimi kondansatörler seri bağlı olduğu için  $V_{C1} + V_{C2} = 2V_{gmax}$  olur. Devredeki kondansatörler giriş geriliminin maksimum değeri ile şarj olduklarından çıkış gerilimi, giriş geriliminin maksimum değerinin 2 katına eşittir.

#### 5.4.2 Gerilim üçleyici



Şekil 5.28 : Gerilim üçleyici

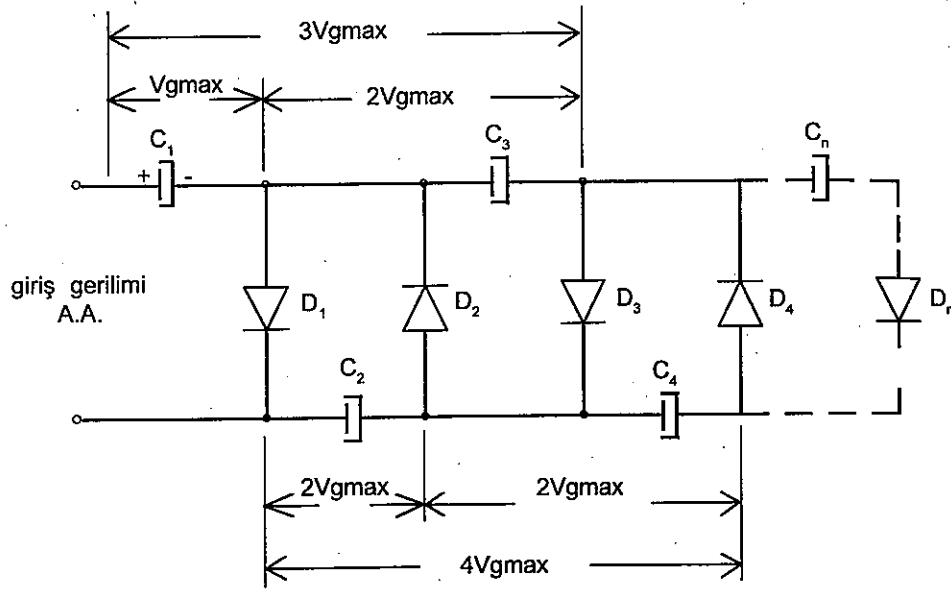
Şekil 5.28 'deki devrede alternatif gerilimin negatif alternansında A ucunun (-), B ucunun (+) polaritede olduğunu düşünelim; bu anda  $D_1$  diyodu üzerinden  $C_1$  kondansatörü,  $D_3$  diyodu üzerinden de  $C_3$  kondansatörü  $V_{gmax}$  gerilimi ile şarj olur.

Alternatif gerilimin pozitif alternansında A ucu (+), B ucu (-) polaritede olur.  $C_1$  kondansatörünün şarj gerilimi ile giriş geriliminin toplamı  $D_2$  diyodu üzerinden  $C_2$  kondansatörünü  $2.V_{gmax}$  değeri ile şarj eder.  $C_2$  ile  $C_3$  kondansatörleri seri bağlı olduklarından çıkıştan  $2.V_{gmax} + V_{gmax} = 3 V_{gmax}$  gerilim değeri alınır.

#### 5.4.3 Gerilim (n) 'leyiciler

Şekil 5.29 'da görüldüğü gibi çok sayıda yarım dalga gerilim ikileyicisinin arka arkaya bağlanması ile çıkış gerilimi artırılabilir. Devrede gerilim kaç kat arttırılmak isteniyorsa o sayıda kondansatör ve diyod kullanılmalıdır. Örneğin, aşağıdaki devrede dört diyod ve dört kondansatör yardımı ile gerilim 4 katına çıkarılabilir.

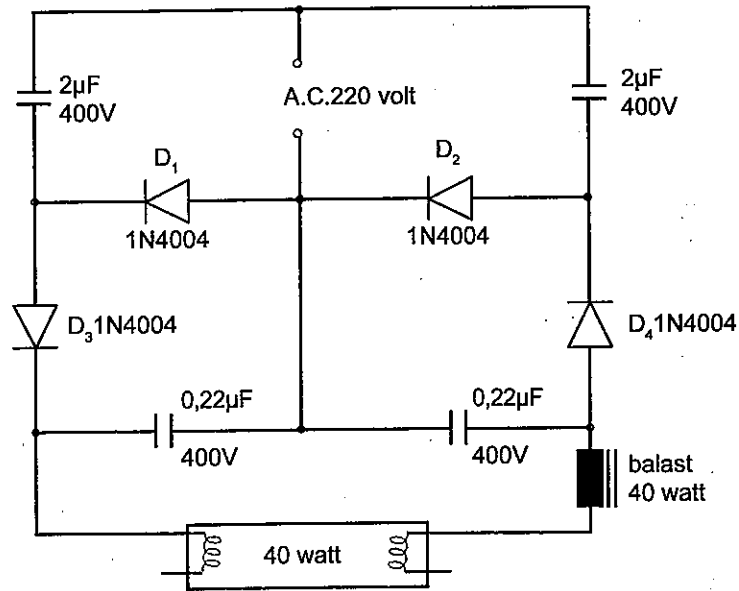
Bu devre ile giriş geriliminin maksimum değerinin çift katı çıkış gerilimleri devrenin alt tarafından, tek katı çıkış gerilimleri ise devrenin üst tarafından alınabilir.



Şekil 5.29 : Gerilim ( n )'leyici

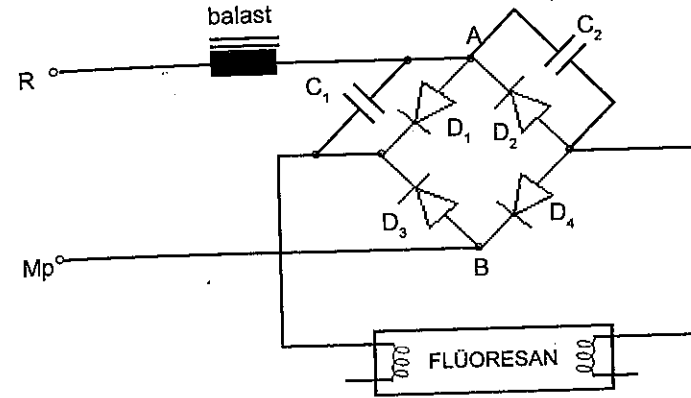
## 5.5 GERİLİM ÇOKLAYICI UYGULAMALARI

### 5.5.1 Arızalı flüoresan lâmbanın çalıştırılması



Şekil 5.32 : Arızalı flüoresan lâmbanın çalıştırılması

Şekil 5.30' daki devre ile starter kullanmadan sağlam veya flâmanları kopuk flüoresan ampuller çalıştırılabilir. Devre, basit bir gerilim katlayıcısıdır. Devreye uygulanan 220 voltluk alternatif gerilim diyodlar ile doğrultulur, kondansatör ile değeri yükseltilir. Flüoresan ampule uygulanan yüksek gerilim nedeni ile lâmba uçları arasında gerilim atlaması olur ve lâmba çalışır. Devrede, balast yerine wattlı direnç de kullanılabilir. Kondansatörler yardımı ile çıkış uçlarında büyük gerilim bulunacağından, dikkatli çalışılmalıdır.

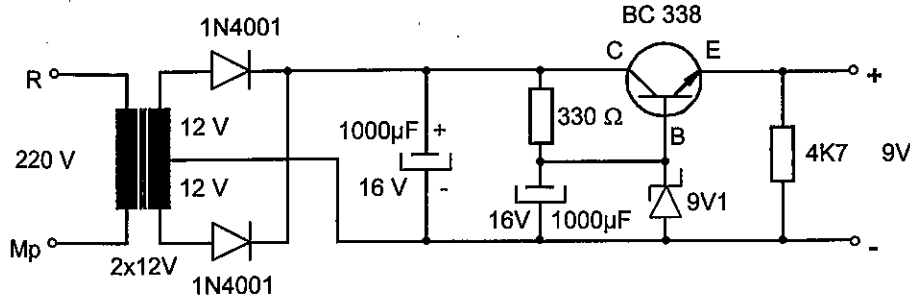


Şekil 5.31 : Arızalı veya sağlam flüoresan lâmbanın startersiz çalıştırılması

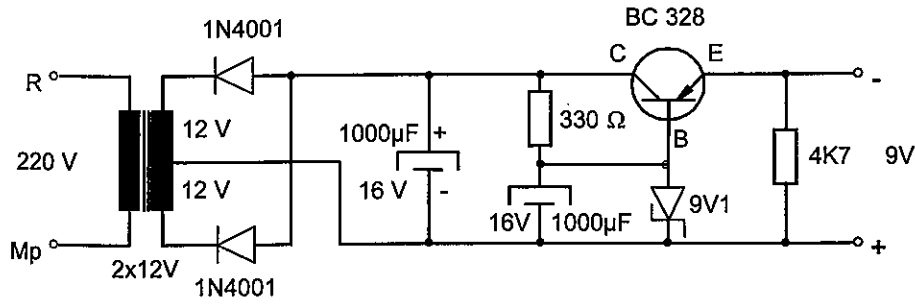
Şekil 5.31 'de Şekil 5.31 'deki devrenin değişik bir uygulaması görülmektedir. Devrede 40 watt 'lık ampul için 0,68 µF 400 volt, 20 wattlık ampul için ise 0,33 µF 'lık 400 voltluk kondansatör kullanılmalıdır. Diyodların hepsi 1 N 4007 olmalıdır. Devrenin bağlantısında A noktası ve balastın mutlaka faz devresine bağlanmasına dikkat edilmelidir. Devrede starter kullanmaya gerek yoktur.

## 5.6 BÖLÜM İLE İLGİLİ UYGULAMA DEVRELERİ

### 5.6.1 Bir transistörlü regüleli doğrultmaç



Şekil 5.32 : NPN tipi transistörlü regüleli doğrultmaç



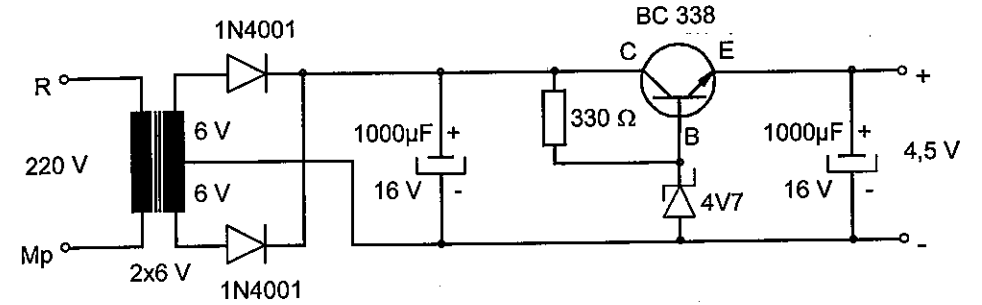
Şekil 5.33 : PNP tipi transistörlü regüleli doğrultmaç

Şekil 5.32 ve 5.33' teki devrelerde 220 / 2 x 12 volt transformatör, 1N 4001 silisyum diyod, BC 338 ve BC 328 transistörler, 9,1 v zener diyod, 330 ohm ve 4,7 Kohm dirençler ile 1000 µF 16 v kondansatörler kullanılmıştır. 2 x 12 volt sekonder gerilimi 1N4001 diyodları ile doğrultulup 1000 µF kondansatör ile filtre edilmiştir. Kondansatör, doğrultulan gerilimin maksimum değeri ile şarj olur. Çıkış gerilimi zener geriliminden küçük ise zener diyod ters polarmalı bağlandığı için yalıtımdadır. Bu durumda NPN tipi BC 338 transistörünün beyzi pozitifdir. Beyz, çok pozitif olduğundan tam iletimdedir, dolayısı ile diyod çıkış gerilimi yük uçlarında bulunur.

Transformatör çıkış gerilimi örnek olarak 12 volt olsun: Bu değer zener geriliminden büyük olduğu için zener diyod iletime geçer. Zener uçlarında 9 voltluk referans gerilimi bulunurken geriye kalan 3 volt 330 ohmluk direnç uçlarında düşer. Bu direncin uçlarındaki gerilimin kutupları,

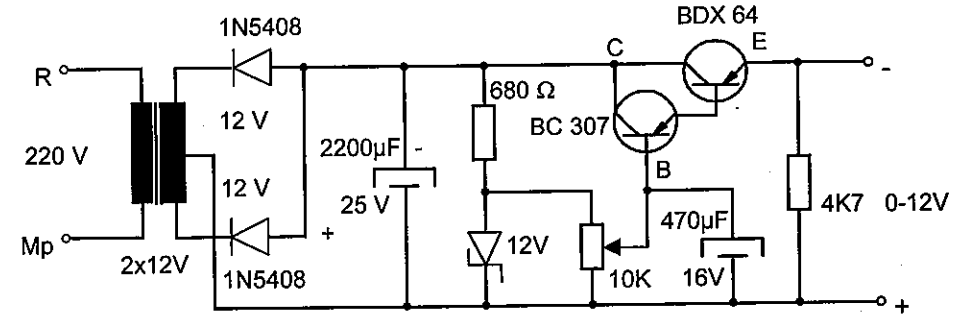
transistörün iletimini azaltacak yönde olduğundan, transistörün direnci artar. Böylece transistör uçlarında 9 voltluk gerilim bulunur. Diyod çıkış gerilimi daha da artarsa 330 ohmluk dirençte düşen gerilim daha çok olacak, NPN tipi transistörün beyzinin pozitifliği azalarak direnci yükselecektir. Bunların sonucunda yük uçlarındaki gerilim sabit kalacaktır.

### 5.6.2 Tam dalga regüleli doğrultmaç



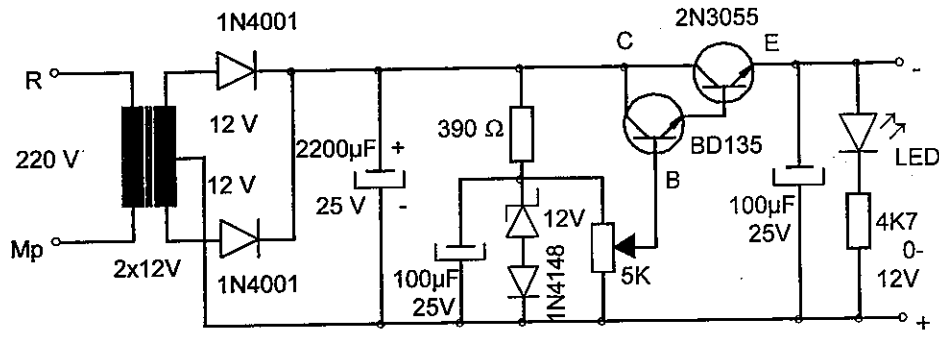
Şekil 5.34 : Tam dalga regüleli doğrultmaç

### 0-12 v Ayarlı regüleli doğrultmaç



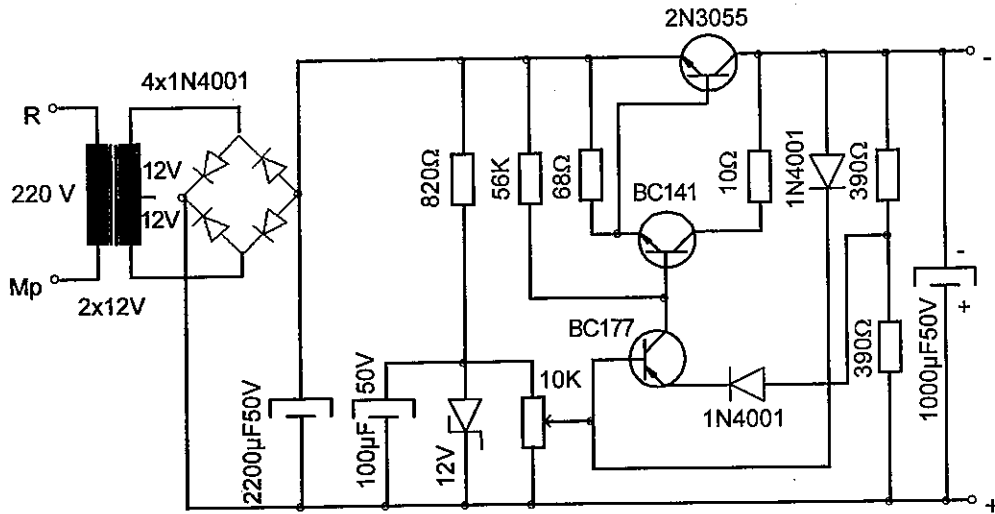
Şekil 5.35 : 0-12 ayarlı regüleli doğrultmaç

Şekil 5.35' te 0-12 volt ayarlı benzer bir regüleli doğrultmaç devresi görülmektedir. Çıkışa LED bağlanmıştır. Çıkış uçları kısa devre olduğunda LED söner.



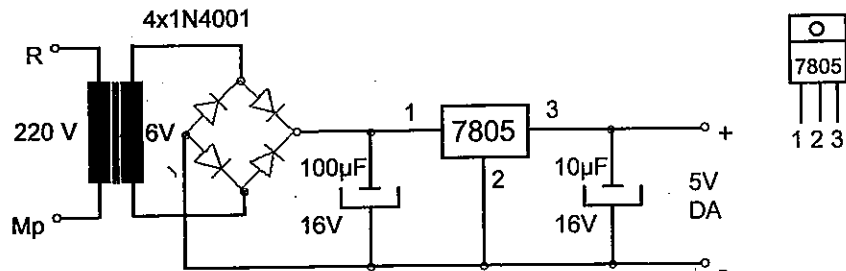
Şekil 5.36 : 0-12 ayarlı regüleli doğrultmaç

### 5.6.3 0-24 volt kısa devre korumalı, ayarlı regüleli doğrultmaç



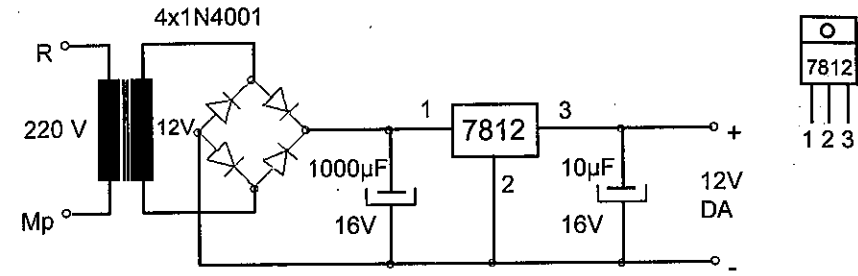
Şekil 5.37 : 0-24 volt kısa devre korumalı, ayarlı, regüleli doğrultmaç

### 5.6.4 Entegre devreli filtre kondansatörlü regüleli doğrultmaç



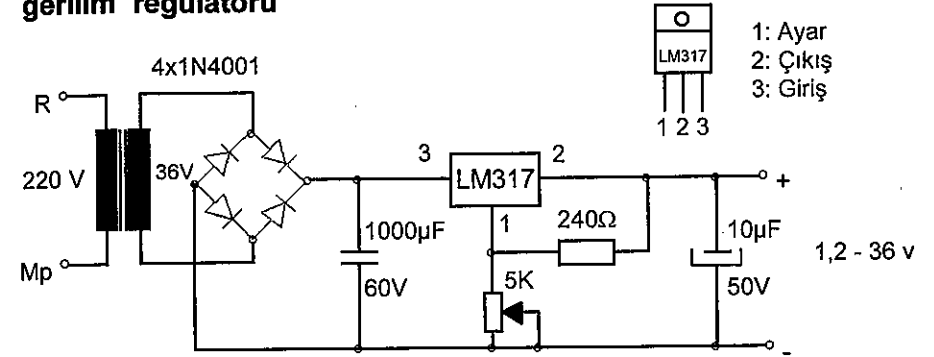
Şekil 5.38 : Entegre devreli filtre kondansatörlü regüleli doğrultmaç

### 5.6.5 Entegreli filtre kondansatörlü 12 volt gerilim regülâtörü



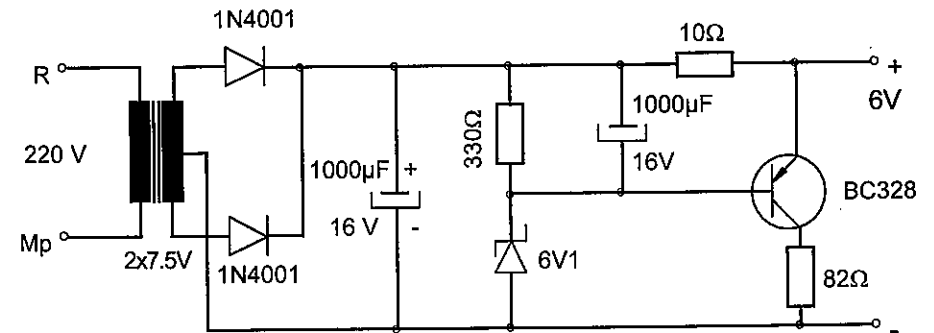
Şekil 5.39 : Entegreli filtre kondansatörlü 12 volt gerilim regülâtörü

### 5.6.6 Entegreli 1,2 volt - 36 volt arası ayarlı filtre kondansatörlü gerilim regülâtörü



Şekil 5.40 : Ayarlı filtre kondansatörlü gerilim regülâtörü

### 5.6.7 Paralel gerilim regülâtörü



Şekil 5.41 : Paralel gerilim regülâtörü

## DEĞERLENDİRME ÇALIŞMALARI

1. Transformatör nedir? Yapısını çizerek çalışmasını açıklayınız.
2. Doğrultma devresi nedir? Çeşitleri nelerdir?
3. Yarım dalga doğrultmaç bağlantı şemasını çizerek çalışmasını açıklayınız.
4. İki diyodlu tam dalga doğrultmaç bağlantı şemasını çizerek çalışmasını açıklayınız.
5. Köprü tipi tam dalga doğrultmaç bağlantı şemasını çizerek, (-) ve (+) alternansta akım yönlerini belirtiniz.
6. Doğrultmaç devrelerinde transformatör çıkış akımı ve gerilimi ile devre çıkışı akım ve gerilim arasındaki ilişki nedir? Formülle ifade ediniz.
7. Filtre etmek ne demektir? Açıklayınız.
8. Regüle devreleri ne amaçla kullanılır? Çeşitleri nelerdir?
9. Zener diyodlu regüle devresini çizerek çalışmasını açıklayınız.
10. Seri regüle devresinin çıkışında gerilim nasıl sabit tutulur? Açıklayınız.
11. Paralel regüle devresinin bağlantısını çizerek çalışmasını açıklayınız.
12. Entegreli gerilim regülâtörlerinin çeşitlerini yazarak özellikleri hakkında bilgi veriniz.
13. Gerilim çoklayıcı nedir? Nerelerde kullanılır?
14. Yarım dalga gerilim ikileyici devre şemasını çizerek çalışmasını açıklayınız.
15. Tam dalga gerilim ikileyici devre şemasını çizerek çalışmasını açıklayınız.
16. Bobinli filtre devresi ile filtre işlemi nasıl yapılır? Açıklayınız.
17. Bobinli filtre devresi ile kondansatörlü filtre devresini karşılaştırınız.
18. Bir transformatörün primer gerilimi 220 volt, sekonder gerilimi 110 volt, sekonder siper sayısı 1400 siper, sekonder akımı 6 amper olduğuna göre:
  - a) Dönüştürme oranını,
  - b) Primer siper sayısını,
  - c) Primer akımını,
  - ç) Siper başına endüklenen gerilimi bulunuz.
19. Transformatör çıkış akımı 0,5 A , çıkış gerilimi 24 volt olan yarım dalga doğrultmacın çıkışından alınabilecek akım ve gerilimi bulunuz.

## TRANSİSTÖRLÜ YÜKSELTEÇLER

ÜNİTE

6

### ÖZEL ÇALIŞMALAR

1. Yükselteç kullanmak neden gereklidir? Araştırınız.
2. Yükselteçler nerelerde kullanılıyor? Çeşitlerinden araştırınız.
3. Bas ve tiz ses nedir? Çeşitlerinden araştırınız.
4. Ton ve balans kontrolü ne amaçla yapılır? Araştırınız.

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

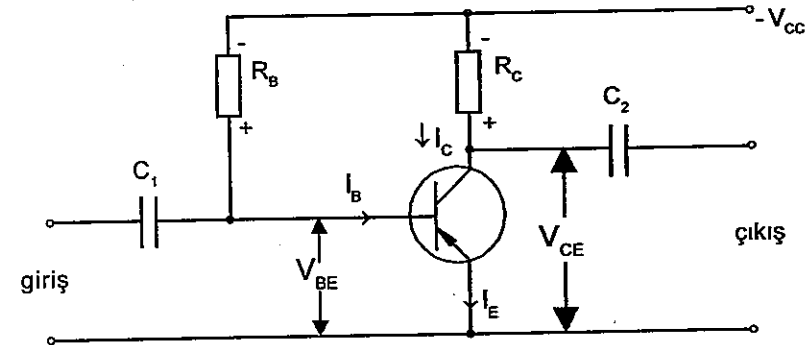
### 6.1 Polarma Metodları

Transistörlü yükselteçlerde transistörlerin her biri için ayrı ayrı batarya kullanmak ekonomik değildir. Bu amaçla tek batarya ile devredeki tüm transistörlere gerilim uygulanmasına **polarmalandırma** denir.

Polarmalandırma üç metod ile sağlanır:

1. Sabit polarma
2. Kolektör - beyz polarması
3. Birleşik ( tam kararlı - otomatik ) polarma

#### 6.1.1 Sabit polarma

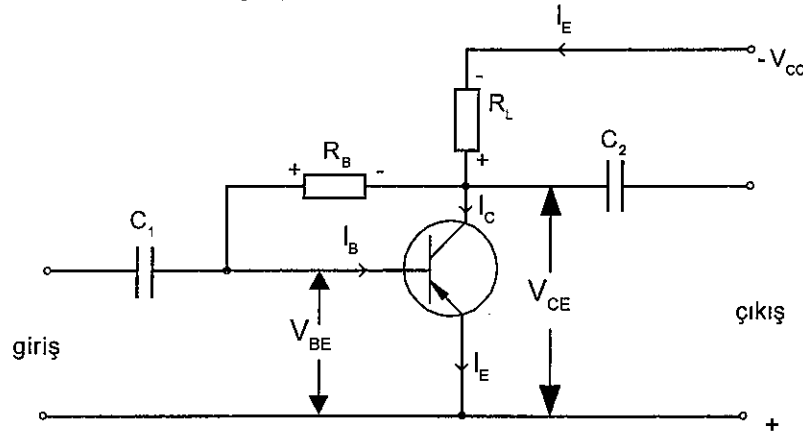


Şekil 6.1 : Sabit polarma

Şekil 6.1' deki devrede sadece  $V_{CC}$  bataryası kullanılır. Beyz polarması,  $V_{CC}$  bataryası tarafından  $R_B$  direnci üzerinden sağlanmaktadır. Bu amaçla uygun değerde  $R_B$  direnci seçilmelidir.  $R_B$  direnci, aynı zamanda transistörün kararlı çalışmasını temin eder.

Sabit polarmada beyz akımı, sabit kaldığı sürece normal çalışır. Ancak transistör ısınır, 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;  $\beta$  ile çarpımı kadar  $I_C$  akımı artar. Transistör kararlı çalışma noktasından uzaklaşır. Bu nedenle çoğunlukla kullanılmaz, ancak normal sıcaklıkta ve düşük kolektör akımında kullanılabilir.

### 6.1.2 Kolektör - Beyz polarması



Şekil 6.2 : Kolektör - beyz polarması

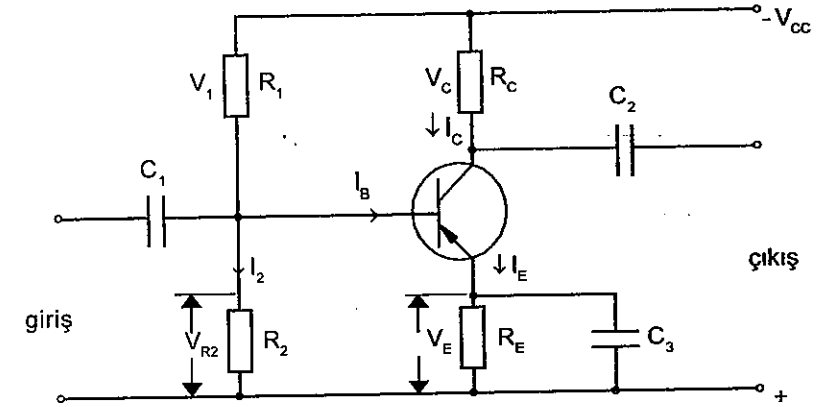
Beyz polarması kolektör, beyz arasına bağlanan  $R_B$  direnci ile sağlanmaktadır. Aynı zamanda  $R_B$  direnci ile kolektörden, beyze negatif geri besleme yapılmaktadır.

Kolektör akımı değişmediği sürece transistörün çalışma noktası sabit kalır. Fakat transistör herhangi bir nedenle ısındığında emiter, kolektör (E-C) arası iç direnci azalır ve  $I_C$  akımı artar. Bu durumda çalışma noktası değişir.  $I_C$  kolektör akımının artması ile beyz akımı azalır. Çünkü  $R_L$  direncinden geçen  $I_E$  akımı,  $I_C$  ve  $I_B$  akımlarının toplamına eşittir ( $I_E = I_C + I_B$ ).  $I_B$  beyz akımının azalması E-C arası iç direncinin büyümesine ve  $I_C$  akımının azalmasına neden olur. Böylece transistörün çalışma noktası tekrar eski yerine çekilmiş olur.

Kolektör akımı herhangi bir nedenle azaldığında çalışma noktası yine değişir.  $I_E = I_C + I_B$  formülüne göre bu defa  $I_B$  akımı artar.  $I_B$  beyz akımının artması E-C arası iç direncin azalmasına ve  $I_C$  kolektör akımının tekrar artmasına neden olur. Böylece devre beyz polarmasını ayarlayarak çalışma noktasını sabit tutar.

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

### 6.1.3 Birleşik ( tam kararlı - otomatik ) polarma



Şekil 6.3 : Birleşik ( tam kararlı - otomatik ) polarma

Şekil 6.3' teki devrede  $R_1$  ve  $R_2$ , gerilim bölücü dirençlerinden geçen akım sabittir. Bu sebeple  $R_2$  uçlarındaki  $V_{R2}$  gerilimi sabit kalır. Transistörün doğru yön polarma gerilimi  $V_{BE}$ ,  $I_2$  akımının  $R_2$  üzerinde düşürdüğü  $V_{R2}$  ile  $I_E$  akımının  $R_E$  üzerinde düşürdüğü  $V_E$  geriliminin farkına eşittir ( $V_{BE} = V_{R2} - V_E$ ).

Devreden geçen akımlarda bir değişme olmadığı sürece  $V_{BE}$  ve transistörün kararlı çalışma noktası sabit kalır. Transistör ısındığında veya herhangi bir nedenle emiter- kolektör (E-C) arası iç direnci azalır  $I_C$  akımı artar.  $I_C$ 'nin artması,  $R_E$  direnci üzerinde düşen  $V_E$  gerilimini artırır.  $V_{R2}$  sabit olduğundan  $V_{BE} = V_{R2} - V_E$  formülüne göre  $V_{BE}$  gerilimi azalmaktadır.  $V_{BE}$ 'nin azalması transistörün iç direncini (E-C) artıracığından  $I_C$  kolektör akımı azalır ve kararlı çalışma noktası yerine gelir.

Kolektör akımı herhangi bir nedenle azaldığında  $R_E$  direncinde düşen  $V_E$  gerilimini azaltır.  $V_{R2}$  sabit olduğundan  $V_{BE} = V_{R2} - V_E$  formülüne göre  $V_{BE}$  artar. Transistörün (E-C) iç direnci düşer, kolektör akımı artarak kararlı çalışma noktası tekrar yerine gelir. Birleşik polarma en kararlı çalışma devresidir.

### 6.2 Temel Yükselteç Devreleri

Girişinden verilen sinyali çıkışta yükseltilmiş olarak veren devrelere **yükselteç ( amplifikatör )** denir. Çıkıştaki sinyalin giriş sinyaline oranı yükseltme kazancını belirler. İyi bir amplifikatörün kazancı yüksektir.

## Yükselteçlerin sınıflandırılması

Kullanma yerlerine göre :

1. A sınıfı yükselteçler
2. B sınıfı yükselteçler
3. AB sınıfı yükselteçler
4. C sınıfı yükselteçler

Çıkışına göre :

1. Gerilim yükselteçleri
2. Akım yükselteçleri
3. Güç yükselteçleri

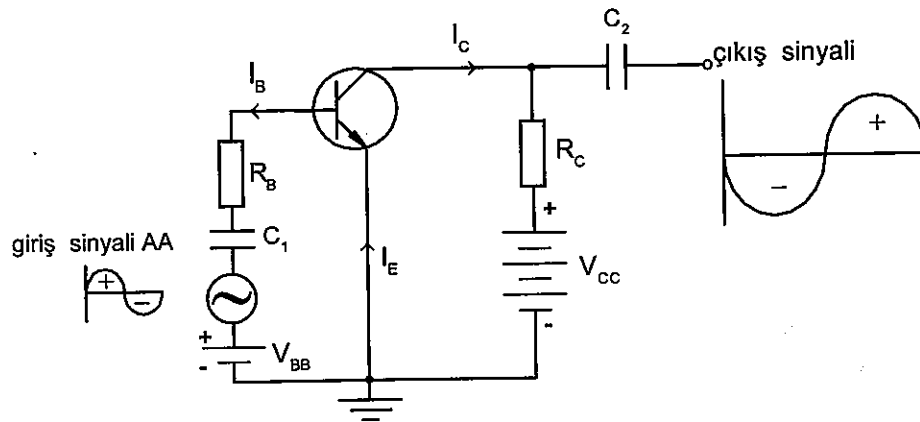
Sinyaline göre :

1. Doğru akım yükselteçleri
2. Ses frekans yükselteçleri ( A - F )
3. Radyo frekans yükselteçleri ( R - F )
4. Ara frekans yükselteçleri ( I - F )
5. Video frekans yükselteçleri ( V - F )

Bağlantı şekline göre :

1. Emiteri ortak yükselteç
2. Beyzi ortak yükselteç
3. Kolektörü ortak yükselteç

### 6.2.1 Emiteri ortak yükselteç



Şekil 6.4 : Emiteri ortak yükselteç

Şekil 6.4' te emiteri ortak bağlı yükselteç devresi görülmektedir. Devrede AC giriş sinyali,  $C_1$  kondansatörü üzerinden transistörün beyzine uygulanmıştır. Çıkış sinyali ise  $C_2$  üzerinden kolektörden alınmaktadır.  $V_{BB}$  ile beyz-emiter arasında doğru polarma uygulanmıştır.  $V_{CC}$  ile kolektöre ters polarma gerilimi uygulanmıştır.

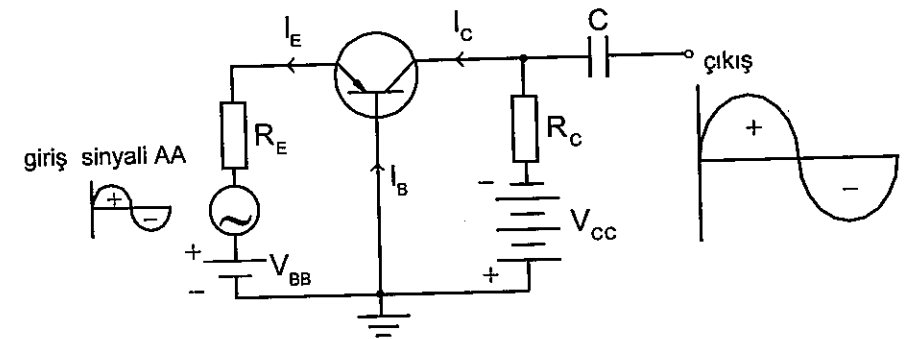
Emiteri ortak yükselteçler, en çok tercih edilen bağlantı şeklidir. Genellikle zayıf sinyallerin yükseltilmesi istenen yerlerde ( mikrofon, video kafası vb.) kullanılır.

Girişe uygulanan AC sinyalin pozitif ve negatif iki alternansı vardır. Giriş sinyalinin pozitif alternansında  $V_{BE} = V_{giriş} + V_{BB}$  olduğundan  $V_{BB}$  polarma gerilimi ve buna bağlı olarak da  $I_B$  beyz akımı artar. Bu durumda  $I_C$  kolektör akımı ve  $I_E$  emiter akımları da artar.  $I_C$ 'nin artması,  $R_C$  direnci üzerindeki gerilim düşümünü artırır.  $V_{CE} = V_{CC} - I_C \cdot R_C$  formülü göre;  $I_C \cdot R_C$  nin artması ile  $V_{CE}$ 'nin pozitifliği azalır. Girişte pozitif alternansta verilen sinyal, çıkışta  $180^\circ$  faz farklı olarak, negatif alternansta alınır.

Giriş sinyalinin negatif alternansında  $V_{BE} = V_{giriş} - V_{BB}$  olduğundan  $I_B$  beyz akımı azalır. Buna bağlı olarak,  $I_C$  kolektör akımı ve  $I_C \cdot R_C$  gerilim düşümü azalır.  $V_{CE} = V_{CC} - I_C \cdot R_C$  formülüne göre  $V_{CE}$ 'nin pozitifliği artar. Girişte negatif alternansta verilen sinyal, çıkışta  $180^\circ$  faz farklı olarak, pozitif alternansta genlik bakımından (yani tepeden tepeye değeri büyümüş olarak) alınır.

Emiteri ortak yükselteçlerde giriş empedansı küçük ( $1K\Omega \sim 5K\Omega$ ), çıkış empedansı büyüktür ( $10K\Omega \sim 50K\Omega$ ). Gerilim kazancı, akım kazancı, güç kazancı yüksektir. Giriş ve çıkış sinyalleri arasında  $180^\circ$  faz farkı vardır, yani faz tersleme yaparlar.

### 6.2.2 Beyzi ortak yükselteç



Şekil 6.5 : Beyzi ortak yükselteç.

Şekil 6.5'teki devrede giriş sinyali emitere uygulanmıştır. Çıkış sinyali ise kolektörden alınmaktadır. Emiter - beyz arasına doğru polarmalı  $V_{BB}$  gerilimi, kolektör - beyz arasına ise ters polarmalı  $V_{CC}$  gerilimi uygulanmıştır.

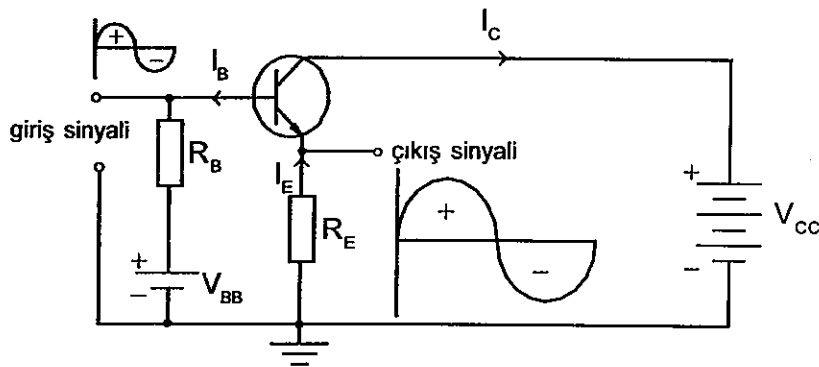
Girişe uygulanan AC sinyalin pozitif ve negatif iki alternansı vardır. Giriş sinyalinin pozitif alternansında  $V_{AC}$  ile  $V_{BB}$  seri bağlı iki üreteç gibi olup toplam gerilim emiter beyz arasına uygulanır. Bu durumda  $I_E$ , buna bağlı olarak da  $I_C$  ve  $I_B$  artar. Bu akım artışına bağlı olarak, yük üzerindeki  $I_C \cdot R_C$  gerilim düşümü  $V_{RC}$  üst uç (+) alt uç (-) olacak şekilde artar.  $V_{CB} = V_{CC} - I_C \cdot R_C$  formülünde  $I_C \cdot R_C$ 'nin artması ile  $V_{CB}$  geriliminin negatifliğinin azalması, çıkış sinyalinin de pozitif alternansta olduğunu belirtir.

Giriş sinyali negatif alternansta iken,  $V_{AC}$  ile  $V_{BB}$  birbirine ters bağlı iki üreteç gibidir. Gerilim farkı emiter-beyz arasına uygulanır. Bu durumda daha düşük bir emiter akımı, buna bağlı olarak da düşük değerinde kolektör ve beyz akımları dolaşır. Kolektör akımı azalırsa  $R_C$  yükü üzerindeki gerilim ( $I_C \cdot R_C$ ) azalır.  $V_{CB} = V_{CC} - I_C \cdot R_C$  formülünde  $I_C \cdot R_C$ 'nin azalması ile  $V_{CB}$ 'nin negatifliği artar. Böylece kolektörden de negatif çıkış sinyali alınır. Sonuç olarak; girişteki sinyal aynı fazda çıkıştan alınır.

Beyzi ortak yükselteçlerde giriş empedansı çok küçük ( $50\Omega \sim 500\Omega$ ), çıkış empedansı büyüktür ( $100K\Omega \sim 1,5M\Omega$ ). Gerilim kazancı çok yüksek akım kazancı çok düşüktür ( $\alpha \sim 1$ ). Güç kazancı orta seviyededir. Giriş ve çıkış sinyalleri arasında faz farkı yoktur. Yani faz tersleme yapmaz.

Beyzi ortak yükselteçler, az kullanılan yükselteçlerdir. Genellikle empedans uygunlaştırıcı veya düşük empedanslı devrelerde yüksek gerilim kazancı elde etmek amacı ile kullanılır.

### 6.2.3 Kolektörü ortak yükselteç



Şekil 6.6 : Kolektörü ortak yükselteçler

Giriş sinyalinin pozitif alternansında  $V_{BB}$  ile uygulanan sinyal aynı yönlü  $V_{BC} = V_{giriş} + V_{BB}$  olduğundan,  $V_{BC}$  polarma gerilimi artar. Transistörün iletme geçmesi ile  $I_B$ ,  $I_C$  ve  $I_E$  akımları artar.  $I_E$  akımının artması ile  $R_E$  direnci üzerindeki  $I_E \cdot R_E$  ( $V_E = I_E \cdot R_E$ ) gerilim düşümü artar.  $R_E$  direnci üzerindeki gerilim düşümü, çıkışta (+) gerilim olacak şekildedir. Dolayısı ile çıkış sinyali pozitif alternansta alınır.

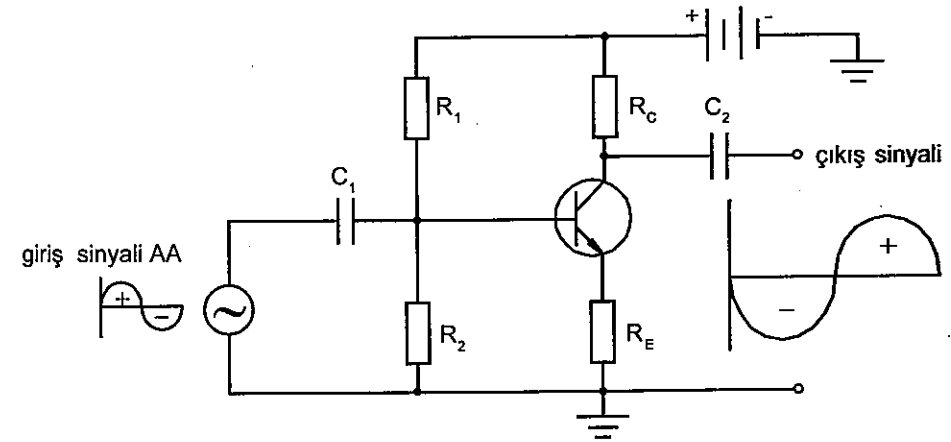
Giriş sinyalinin negatif alternansında  $V_{BB}$  ile uygulanan giriş sinyali, ters yönlü  $V_{BC} = V_{giriş} - V_{BB}$  olduğundan  $V_{BC}$  polarma gerilimi azalır. Buna bağlı olarak  $I_B$  akımının değeri azalır.  $I_B$ 'nin azalması ile  $I_C$  ve  $I_E$  akımları azalır.  $I_E$ 'nin azalması ile  $R_E$  direnci üzerindeki  $I_E \cdot R_E$  ( $V_E = I_E \cdot R_E$ ) gerilim düşümü de azalır. Transistör yalıtımda olduğundan, kolektör emiter arasında kolektörü (+), emiteri (-) olacak şekilde  $V_{CE}$  gerilimi düşer. Emiter (-) alternansta olduğundan çıkış sinyali negatif alternansta alınır.

Kolektörü ortak yükselteçler, daha çok empedans uygunlaştırıcı devrelerde kullanılmaktadır.

Kolektörü ortak yükselteçlerde giriş empedansı büyük ( $300K\Omega \sim 1M\Omega$ ), çıkış empedansı küçüktür ( $50\Omega \sim 500\Omega$ ). Akım kazancı büyük, gerilim kazancı düşüktür. Güç kazancı orta seviyededir. Giriş ve çıkış sinyalleri arasında faz farkı yoktur. Yani faz tersleme yapmaz.

### 6.3 Yükselteçlerde Çalışma Sınıfları

#### 6.3.1 A sınıfı yükselteçler



Şekil 6.7 : A sınıfı gerilim yükselteci

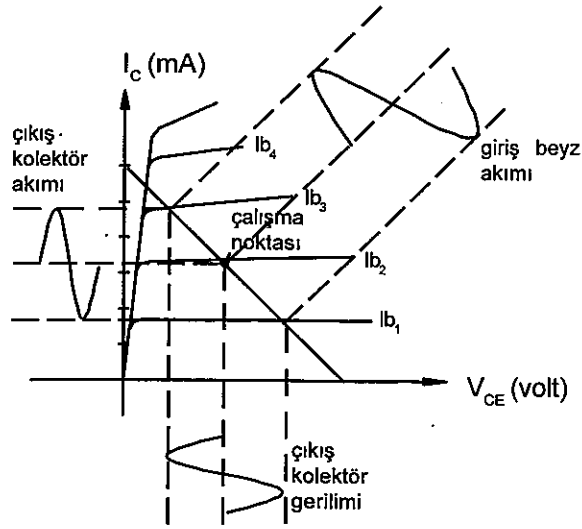


Şekil 6.7' de A sınıfı yükselteç bağlantısı görülmektedir. Bu yükselteçlerde giriş sinyali uygulansın veya uygulanmasın devreden daima kolektör akımı geçer. Bu ise ısı şeklinde bir güç kaybına neden olur. Bu sebeple verim % 20 civarındadır. A sınıfı çalışmada distorsiyon (dalga şeklinde bozulma) olmaz. Bu özelliğinden dolayı ses frekans yükselteçlerinde kullanılır.

A sınıfı yükselteçlerde çalışma noktası, 1. bölge karakteristiği ( $I_C - V_{CE}$ ) üzerine çizilen yük doğrusunun orta noktasıdır.

Şekil 6.7' deki devrede giriş sinyali,  $C_1$  kondansatörü üzerinden uygulanmakta, çıkış sinyali ise  $C_2$  kondansatörü üzerinden alınmaktadır.  $R_E$  direnci, transistör ısısı yükseldiğinde  $I_C$  akımının artmasını engeller. Böylece kararlı çalışma sağlanmış olur.

Şekil 6.8' de A sınıfı çalışmada giriş ve çıkış sinyallerinin durumu görülmektedir.



Şekil 6.8 : A sınıfı gerilim yükselteci

Şekil 6.8' de transistörün 1.bölge karakteristik eğrisi üzerinde çizilen yük doğrusu ve bu nokta üzerinde çizilen çalışma noktası görülmektedir. Çalışma noktasında giriş sinyali yokken yükselteçten  $I_{b2}$  beyz akımı ve  $I_C$  kolektör akımı akmaktadır. Bu anda transistörün emiter-kolektör uçlarında çıkış kolektör gerilimi bulunmaktadır. Giriş sinyali uygulandığında beyz akımı  $I_{b1}$  ve  $I_{b3}$  arasında değişirken, buna bağlı olarak kolektör akımı ve yükselteç çıkış gerilimi değişir. Dikkat edilirse, A sınıfı çalışmada giriş

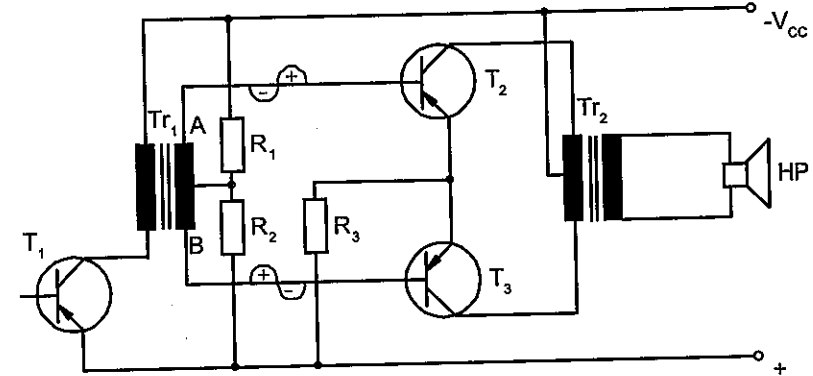
sinyalinin şekli değiştirilerek çıkışa aktarılmaktadır. A sınıfı çalışmada, giriş sinyali olsun veya olmasın transistörün iletimde kalması, kayıpların büyük olmasına neden olmaktadır.

## 6.4 Faz Tersleyiciler

Push-pull güç amplifikatörlerinin çıkışından dalga şekli bozulmamış (distorsiyonsuz) en yüksek gücü alabilmek için, bağlanan transistörlerin girişlerine genlikleri eşit; fakat birbirlerinden 180 derece faz farklı iki ayrı sinyal uygulanmalıdır. Bu amaçla yapılan devrelere **faz tersleyici ( faz değiştirici )** denir. Faz tersleyiciler başlıca **dört** tipte imal edilir :

1. Transformatörlü faz tersleyiciler
2. Tek transistörlü faz tersleyiciler
3. İki transistörlü faz tersleyiciler
4. Özel faz tersleyiciler

### 6.4.1 Transformatörlü faz tersleyiciler



Şekil 6.9 : Transformatörlü faz tersleyici

Şekil 6.9' da transformatörlü faz tersleyici devresi görülmektedir.  $T_1$  transistörünün sekonderi orta uçludur.  $T_1$  transistörünün beyzine preamplifikatörden gelen çıkış sinyali uygulandığında,  $T_1$  transistörünün primerinden zamanla değişen bir kolektör akımı geçer. Bu değişken akım ile sekonder sargı uçlarında bir gerilim indüklenir.  $T_1$  transistörünün sekonderinin iki dış ucu arasında 180 derece faz farklı, genlikleri eşit iki sinyal oluşur. Sinyalin negatif alternansında A ucunun negatif, B ucunun pozitif olduğunu varsayalım.  $T_2$  transistörünün beyzine negatif gerilim uygulandığından ilettime geçer. Bu anda  $T_3$  transistörünün beyzine pozitif

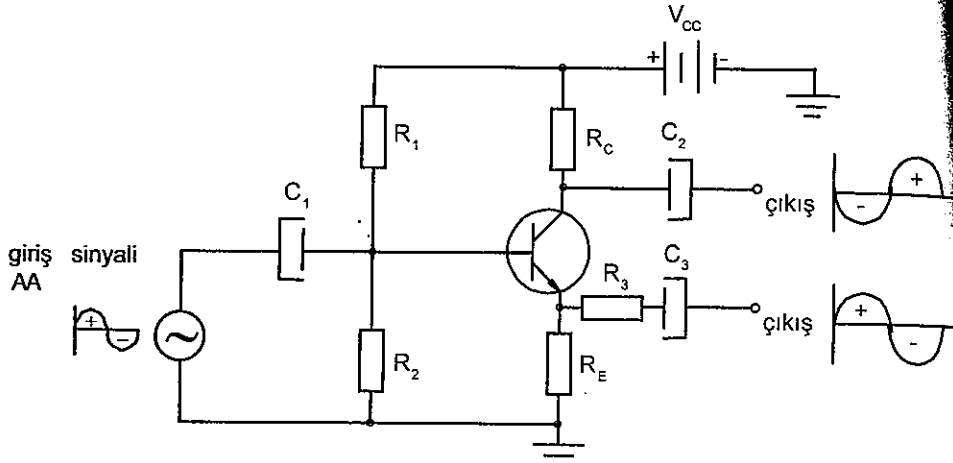
gerilim uygulandığından yalıtımdadır. Benzer şekilde sinyalin pozitif alternansında A ucu (+), B ucu (-) polaritede olacaktır. Bu anda  $T_3$  iletilir, geçerken  $T_2$  yalıtımda kalır.

$T_2$  ve  $T_3$  transistörleri sinyalleri ayrı ayrı yükselterek  $Tr_2$  transformatorünün veriri.  $Tr_2$  transformatorünün primerinin üst ucu  $T_2$  transistörünün,  $Tr_2$  primerinin alt ucu  $T_3$  transistörünün kolektör yükünü oluşturur.  $Tr_2$  aynı zamanda çıkış empedansını hoparlör empedansına eşitleme görevi yapar.

Bu devrelerin imalatında transformator kullanılması, maliyeti olumsuz yönde etkiler. Ayrıca transformatorün fazla yer kaplaması, istenmeyen bir durumdur.

Devrede empedans uygunlaştırma işleminin tam yapılması ve sinyallerin genliklerinin eşit olması, devrenin üstünlüklerindedir.

#### 6.4.2 Tek transistörlü faz tersleyiciler



Şekil 6.10 : Tek transistörlü faz tersleyici

Şekil 6.10 'da tek transistörlü faz tersleyici devresi görülmektedir. Devredeki  $T_1$  transistörünün emiter ve kolektör uçlarından genlikleri eşit fakat  $180^\circ$  faz farklı iki sinyal alınır. Çıkış sinyallerinin genliklerinin eşit olması için ;  $R_c$  ve  $R_e$  dirençlerinin değerleri, emiter ve kolektör akımına uygun değerlerde seçilmelidir.  $I_e = I_b + I_c$  olduğundan emiter akımı kolektör akımına göre daha çok değişmektedir. Emiter çıkışındaki sinyalin genliğinin kolektör çıkışındaki sinyalin genliğinden daha fazla olmaması için,  $R_3$  direnci ilave edilmiştir.

Girişe pozitif alternanslı bir sinyal uygulanırsa transistör doğru poları alır ve iletme geçer. Transistörün  $I_b$  akımı ve buna bağlı olarak  $I_c$ ,  $I_e$  akımları ve  $R_c$ ,  $R_e$  dirençleri üzerinde düşen gerilimler artar.  $R_c$  üzerinde

düşen gerilime göre kolektörden negatif alternans alınırken,  $R_e$  üzerinde düşen gerilime göre emiterden pozitif alternans elde edilir.

Girişe negatif alternanslı bir sinyal uygulanırsa transistörün ters poları altında iletimi azalır. Transistörün  $I_b$  akımı ve buna bağlı olarak  $I_c$ ,  $I_e$  akımları eksilir.  $R_c$  direnci üzerinde düşen gerilim azalır ve kolektör pozitif alternansa kayar. Aynı şekilde  $R_e$  direnci üzerinde düşen gerilim azalır ve emiter negatif alternansa kayar.

#### 6.5 Güç Yükselteçleri

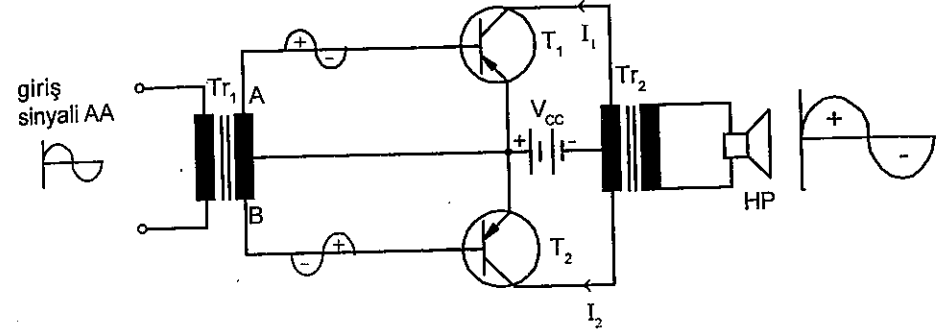
Güç yükselteçleri, yüke güç beslemesi görevini yapar. Radyo ve TV alıcılarında, ses çıkış katlarında çok kullanılır.

Güç yükselteçleri 2 sınıfta toplanır :

1. Push - pull güç yükselteçleri
2. Simetrik güç yükselteçleri

##### 6.5.1 Push - Pull güç yükselteçleri

##### 6.5.1.1 B sınıfı Push - Pull güç yükselteçleri



Şekil 6.11 : B sınıfı push-pull güç yükselteci

Şekil 6.11' de B sınıfı push-pull bir güç yükselteci görülmektedir. Güç yükseltecinin girişine sinyal uygulandığında A noktasının pozitif B noktasının negatif olduğu alternansta  $T_1$  transistörünün beyzine pozitif, gerilim geldiğinden yalıtkan,  $T_2$  transistörünün beyzine negatif gerilim geldiğinden iletken olur. İletken olan  $T_2$  transistörünün emiter-kolektör arası direnci düşerek  $V_{cc}$  bataryası üzerinden  $Tr_2$  transformatorünün primer sargısının yarısından bir akım geçer. Primere uygulanan gerilim  $180^\circ$  faz farklı olarak yükseltilerek sekonder sargıdan alınır.

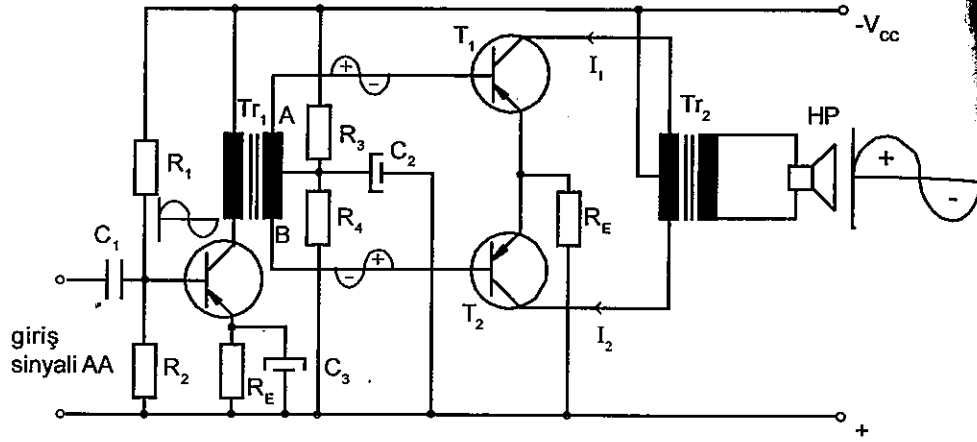
Alternans yön değiştirdiğinde bu defa A noktası negatif alternansta olduğundan  $T_1$  iletimdedir ve emiter-kolektör direnci düşmüştür.  $Tr_2$

transformatörünün primerinin diğer yarısından akım geçer. Primere uygulanan gerilim  $180^\circ$  faz farklı olarak yükseltilerek sekonder sargıdan alınır.

Sonuç olarak; her iki alternansta sırasıyla  $T_1$  ve  $T_2$  transistörleri ilettime geçer. Böylece her iki alternansta da  $Tr_2$  transformatörüne sinyal uygulanmış olur. Bu sinyaller  $Tr_2$ 'nin sekonderinden hoparlöre uygulandığından ses olarak elde edilir.

B sınıfı push-pull güç yükselteçlerinde, verim yüksek olmasına rağmen geçiş sinyalinde distorsiyon (bozulma) fazladır.

### 6.5.1.2 AB sınıfı push - pull güç yükselteçleri



Şekil 6.12 : AB sınıfı push-pull güç yükselteci

Bu yükselteçlerde çalışma noktası, A sınıfı yükselteçler ile B sınıfı yükselteçler arasında bulunur. Şekil 6.12'deki devrede kullanılan  $R_1$  ve  $R_2$  gerilim bölücü dirençler, ileri yönde polarma gerilimi sağlar.  $C_2$  kondansatörü ise transformatörün orta ucunu AA sinyallerine karşı şaseler. B sınıfı push-pull güç yükselteci ile AB sınıfı push-pull güç yükselteci arasındaki fark; transistörlerin beyzlerinin  $R_3$ ,  $R_4$  dirençleri ile ileri yönde polarmalandırılmasıdır.

Şekil 6.12'deki devrede  $Tr_1$  transformatörünün primerindeki ses frekanslı A.A. akım değişmesi, sekonderinde  $180^\circ$  faz farklı bir gerilimin oluşmasına neden olur. Sekonder sargı, orta uçlu olduğundan iki dış ucu arasındaki sinyaller arasında  $180^\circ$  faz farkı meydana gelir.

$T_1$  transistörünün beyzine negatif bir alternans geldiğini kabul edelim:  $T_2$ 'nin beyzine bu anda pozitif alternans gelmiş olacaktır.  $T_1$ 'in beyzine negatif alternans geldiğinde bu transistör ilettime geçip kolektör akımı  $I_1$  maksimum değere ulaşır. Bu akım  $Tr_2$  transformatörünün orta ucu ile üst ucu arasında

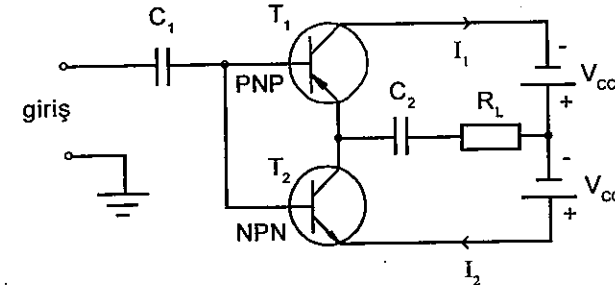
bobin etrafında bir manyetik alan meydana getirir. Bu manyetik alan  $T_1$  transistörünün beyzine pozitif bir sinyal geldiğinde zayıflar. Bu anda  $T_2$  transistörünün beyzine negatif bir sinyal gelmiştir. Bu transistörün ilettime geçip kolektör akımı  $I_2$  maksimum değere ulaşır. Bu akım  $Tr_2$  transformatörünün orta ucu ile alt ucu arasında bir manyetik alan meydana getirir. Bu yeni manyetik alan ile  $T_1$  transistörünün meydana getirdiği sönmekte olan manyetik alan birbirine ters (tamamlayıcı) yöndedir. Hoparlör uçlarında giriş sinyaline uygun yükseltilmiş sinyal elde edilir.

AB sınıfı push-pull güç yükselteçlerinde verim, B sınıfına göre daha düşüktür, fakat distorsiyon (bozulma) çok az olur.

### 6.5.2 Simetrik güç yükselteçleri

Özellikleri aynı, ancak tipleri farklı iki transistör ile iki güç kaynağı kullanılarak oluşturulan yükselteç devresidir.

Alternatif gerilimin negatif alternansında  $T_1$  transistörünün beyzine negatif gerilim uygulandığından ilettime geçer,  $T_2$  transistörü yalıtımdadır.



Şekil 6.13 : Simetrik güç yükselteci

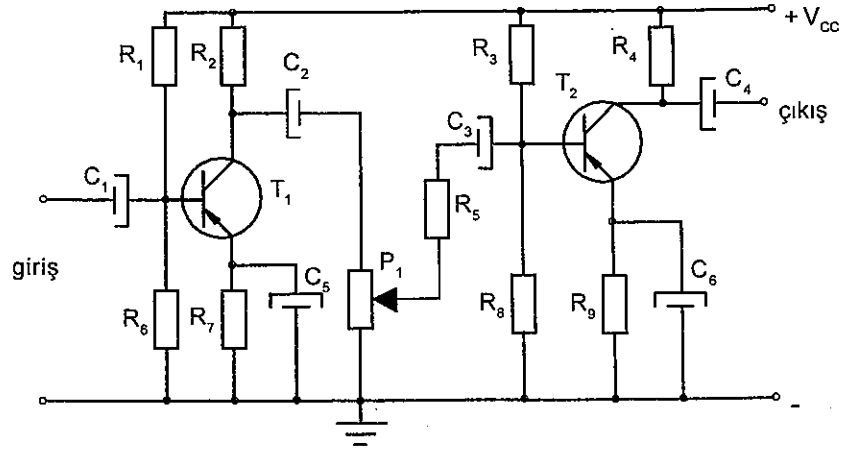
Alternatif gerilimin pozitif alternansında  $T_2$  transistörünün beyzine pozitif gerilim uygulandığından ilettime geçer,  $T_1$  transistörü yalıtımdadır.

Alternatif gerilimin pozitif ve negatif alternanslarında  $T_1$  ve  $T_2$  transistörleri sırası ile ilettime geçerek  $R_L$  yükü uçlarında yükseltilmiş sinyal oluşturulur.

## 6.6 Yükselteçlerde Volüm, Ton ve Balans Kontrol Devreleri

### 6.6.1 Volüm kontrolü

Ses frekans devrelerinde sesin seviyesini ayarlamak için yapılan kazanç kontrollerine **volüm kontrolü** denir. Volüm kontrolü preamplifikatör (ses frekans yükseltecinin ilk katı olan ön yükselteç) devresi çıkışına potansiyometre bağlayarak yapılır. Transistörlerin akım gerilim ve güç kazançları kontrol edilerek yükselteç çıkışındaki ses şiddeti ayarlanır.



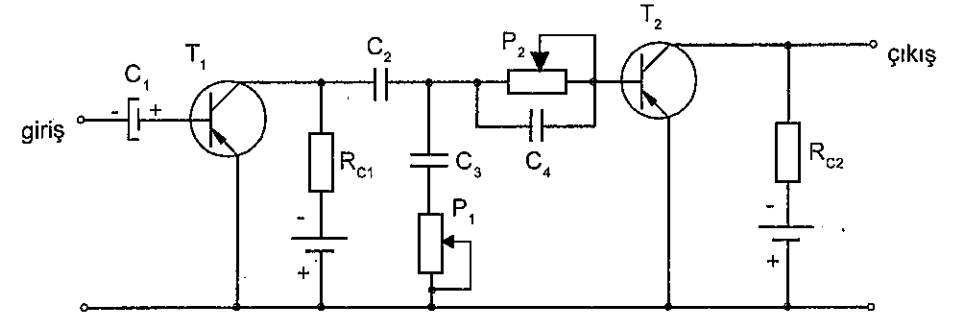
Şekil 6.14 : Volüm kontrol devresi

Şekil 6.14 'teki devrede volüm kontrolü,  $P_1$  potansiyometresi ile yapılmaktadır.  $P_1$  potansiyometresi aynı zamanda akım bölücüdür. Devrede  $T_1$  transistörünün çıkışı  $C_2$  kondansatörü üzerinden  $P_1$  volüm kontrol potansiyometresine uygulanır. Potansiyometre çıkışındaki sinyal  $R_5$  direnci ve  $C_3$  kondansatörü üzerinden  $T_2$  transistörünün beyzine uygulanır.  $R_5$  direnci  $T_1$ 'in çıkışındaki yüksek empedansı,  $T_2$ 'nin düşük giriş empedansına eşitlemek amacı ile kullanılır.  $P_1$ 'in direnç değeri azaldıkça,  $T_2$  transistörünün beyz akımı azalır. Buna bağlı olarak  $T_2$  transistörünün kazancı da azalır.  $P_1$  in en büyük değerinde kazanç maksimumdur. Böylece çıkışta volüm kontrolü yapılmış olur. Çıkışa bağlanan hoparlörden de bu ayara uygun ses alınır.

### 6.6.2 Ton kontrol devresi

İnsan kulağı, 20 Hz ile 20 KHz arasındaki ses frekanslarını duyabilmektedir. Düşük frekanslı sesler bas, yüksek frekanslı sesler ise tiz seslerdir. Ses frekans amplifikatörleri (yükseleçler) bas ve tiz sesleri aslına bozmadan çıkışa verirler. Yükseltecin frekans karakteristiğinin değiştirilmesi ile yapılan bas ve tiz seslerin isteğe göre ayarlanması için yapılan devrelere **ton kontrol devresi** denir.

Şekil 6.15' te AF ve YF ton kontrol devresi görülmektedir. Devrede  $P_1$  ve  $C_3$ , alçak frekansları yükseltir, yüksek frekansları zayıflatır. Böylece çıkışta bas sesler belirginleşir.  $P_2$  ve  $C_4$  ise, alçak frekansları zayıflatır, yüksek frekansları ön plana çıkarır. Bu durumda çıkışta tiz sesler belirginleşir.

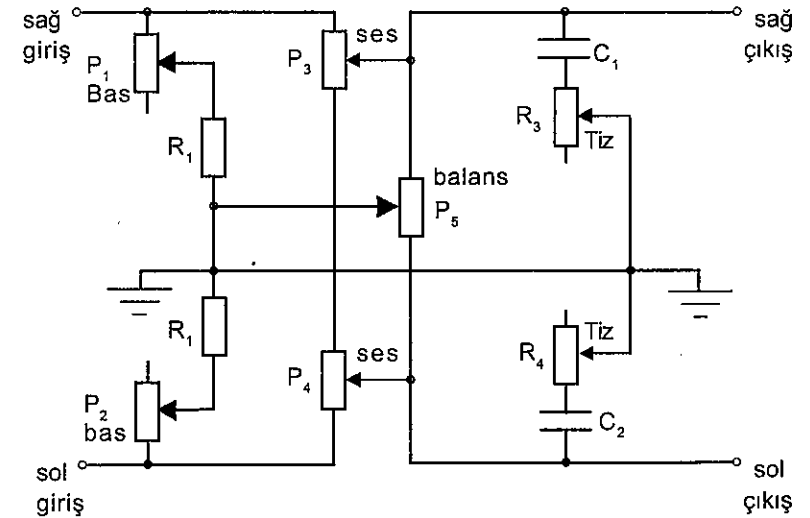


Şekil 6.15 : Ton kontrol devresi

Ayar işlemleri,  $P_1$  ve  $P_2$  potansiyometreleri ile yapılır. Devrede, özellikle kondansatörler uygun değerlerde seçilmelidir.

### 6.6.3 Balans kontrolü

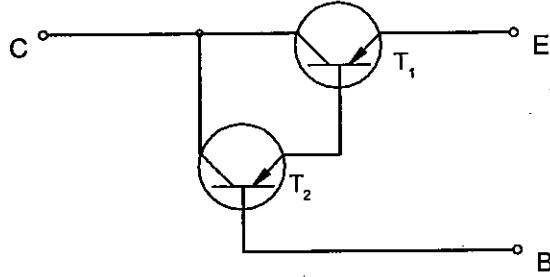
Stereo (çift kanallı) amplifikatörlerin kanal girişlerine uygulanan sinyallerin genliklerini değiştirebilmek ve çıkış sinyalinin kanallardan birinden diğerine göre daha yüksek veya daha alçak alınmasını sağlamak amacıyla yapılan kontrole **balans kontrolü** denir.



Şekil 6.16 : Balans kontrol devresi

Balans kontrolü  $P_5$  potansiyometresi ile yapılır.  $P_5$  potansiyometresinin ayar ucu aşağı doğru hareket ettiğinde sağ çıkış, yukarı doğru hareket ettiğinde ise sol çıkış etkin olur.

## 6.7 Darlington Bağlantı



Şekil 6.17 : Darlington bağlantı

Şekil 6.17' deki bağlantıda  $T_1$  transistörünün beyzi  $T_2$  transistörünün emiterine bağlanmıştır.  $T_1$  ve  $T_2$  transistörlerinin kolektör uçları birleştirilerek ortak kolektör ucu çıkarılmıştır.  $T_2$  transistörünün beyz ucu ise ortak beyz olarak kullanılmaktadır. Bu tip bağlantıya **darlington bağlantı** denir. Bu bağlantı ile iki transistör tek bir transistör gibi çalıştırılarak akım kazancı artırılabilir ( $\beta = \beta_1 \cdot \beta_2$ ).

Darlington bağlantıda aynı tip transistörler kullanılmalıdır.  $T_1$  transistöründen yük akımı geçeceğinden uygun değerde olmalıdır.  $T_2$  transistörü ise daha küçük akımlı olabilir.

İki ayrı transistör bağlanarak darlington bağlantı yapılabileceği gibi, aynı kılıf içerisinde darlington bağlantı yapılarak üretilmiş transistörler de vardır. Darlington bağlı transistörlere örnek olarak MJ2501 ve MJ3001 verilebilir.

## 6.8 HI - FI Stereo Yükselteçler ve Düzenler

Sesin özelliklerini koruyarak bize ulaştıran ses frekans yükselteç devrelerine **HI - FI** (high - fidelity = yüksek doğruluklu) denir. Aynı özellikte iki HI-FI yükseltecin birlikte kullanılmasıyla HI-FI stereo yükselteçler elde edilir.

HI - FI yükselteçlerde aşağıdaki özellikler bulunmalıdır :

1. Maksimum çıkış gücünde distorsiyon çok düşük olmalıdır.
2. 20 Hz - 40 kHz arasındaki frekans bantlarını geçirebilmelidir.
3. Yükselteç girişinde alıcılara uygun empedans uygunlaştırıcı devre bulunmalıdır.
4. Yükselteç devresinde bas ve tiz sesleri ayarlayabilmek için en az 2 potansiyometre ve 2 hoparlör bulunmalıdır.

## DEĞERLENDİRME ÇALIŞMALARI

1. Polarmalandırma nedir? Niçin gereklidir? Açıklayınız.
2. Polarmalandırmada kullanılan metotları yazarak karşılaştırınız.
3. Sabit polarma nedir? Şekil çizerek açıklayınız.
4. Kolektör - beyz polarması nasıl elde edilir? Şekil çizerek açıklayınız.
5. Birleşik polarma nedir? Şekil çizerek açıklayınız.
6. Transistörlü yükselteçleri sınıflandırınız.
7. Emiteri ortak yükselteç devresinin çalışmasını açıklayarak özelliklerini yazınız.
8. Beyzi ortak yükselteç devresinin çalışmasını açıklayarak özelliklerini yazınız.
9. Kolektörü ortak yükselteç devresinin çalışmasını açıklayarak özelliklerini yazınız.
10. Kolektörü ortak yükseltecin giriş ve çıkış dalga şekilleri hakkında bilgi veriniz.
11. Emiteri, beyzi, kolektörü ortak yükselteçleri karşılaştırınız.
12. A sınıfı gerilim yükseltecinin çalışmasını açıklayınız.
13. Faz tersleyici nedir? Çeşitlerini yazınız.
14. Transformatörlü faz tersleyici devre şemasını çizerek çalışmasını açıklayınız.
15. Tek transistörlü faz tersleyici devre şemasını çizerek çalışmasını açıklayınız.
16. Güç yükselteci nedir? Çeşitleri nelerdir ?
17. B sınıfı Push - pull güç yükseltecinde yükseltme işlemi nasıl yapılır ?
18. AB sınıfı Push - pull güç yükseltecinde yükseltme işlemi nasıl yapılır?
19. Simetrik güç yükseltecinin çalışmasını anlatınız.
20. Yükselteçlerde volüm kontrolü nasıl yapılır ?
21. Yükselteçlerde ton kontrolü nasıl yapılır ?
22. Yükselteçlerde balans kontrolü nedir?
23. Darlington bağlantı nedir? Özellikleri hakkında bilgi veriniz.
24. HI - FI yükselteç nedir? Bir yükseltecin HI - FI olabilmesi için hangi özellikleri taşıması gerekir?

# MİKROFONLAR VE ÜNİTE HOPARLÖRLER

## HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

1. Çevrenizde çeşitli amaçlarla kullanılan mikrofonların hangi tip olduğunu, hangi mesafelerden kullanıldığını araştırınız.
2. Çevrenizde gördüğünüz hoparlörleri inceleyiniz.
3. Ses düzenlerinin kaliteli olabilmesi için kapalı ve açık alanlarda kullanılan hoparlörlerin nasıl verfestirildiğini hangi tip hoparlörler kullanıldığını araştırınız.

Sesi elektriğe veya elektriği sese çeviren elemanlara **ses transduserleri (ses dönüştürücüsü)** denir.

### 7.1 Sesin Elektriğe Çevrilmesi

#### 7.1.1 Mikrofonların yapıları, çeşitleri ve çalışma prensipleri

Ses dalgalarını, elektrik titreşimlerine çeviren cihazlara **mikrofon** denir. Mikrofonlarda, ses dalgalarına duyarlı diyaframlar vardır. Ses dalgası diyaframa çarptığında, diyafram içe veya dışa doğru hareket eder. Bu sırada meydana gelen mekanik titreşimler sonucunda, bir gerilim oluşur. Bu gerilimin genliği, gelen sesin şiddetine göre değişiklikler gösterir.

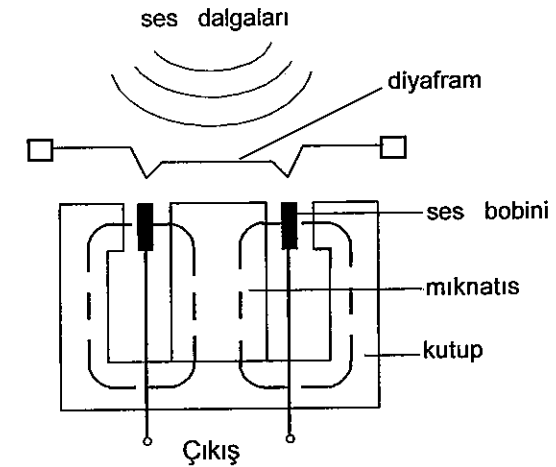
Mikrofonlar başlıca 7 çeşittir :

1. Dinamik mikrofonlar
2. Kapasitif mikrofonlar
3. Kristal mikrofonlar
4. Kondansatör mikrofonlar
5. Elektret mikrofonlar
6. Şerit mikrofonlar
7. Telsiz mikrofonlar

## Dinamik mikrofonlar

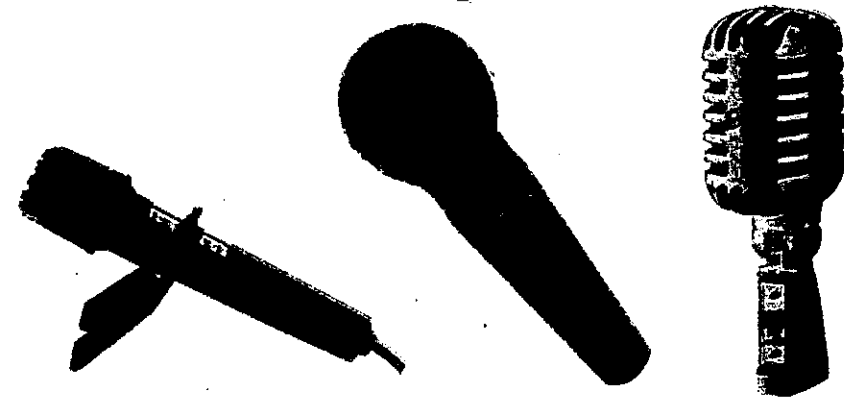
Şekil 7.1' de dinamik mikrofon prensip şeması görülmektedir. Dinamik mikrofonlar; manyetik alan içinde hareket eden iletkende gerilim indüklenir, prensibine göre çalışırlar. Ses dalgaları diyaframa çarptığında, diyafram ve aynı alan içinde bulunan ses bobinleri hareket ederler. Miknatıs kutupları arasındaki bobinde bir gerilim indüklenir. Bu gerilim amplifikatörde yükseltilerek elektrik sinyali olarak kullanılır.

Dinamik mikrofonlar ; ucuz, sağlam, çok amaçlı ve kaliteli olması nedeni ile çok kullanılır.



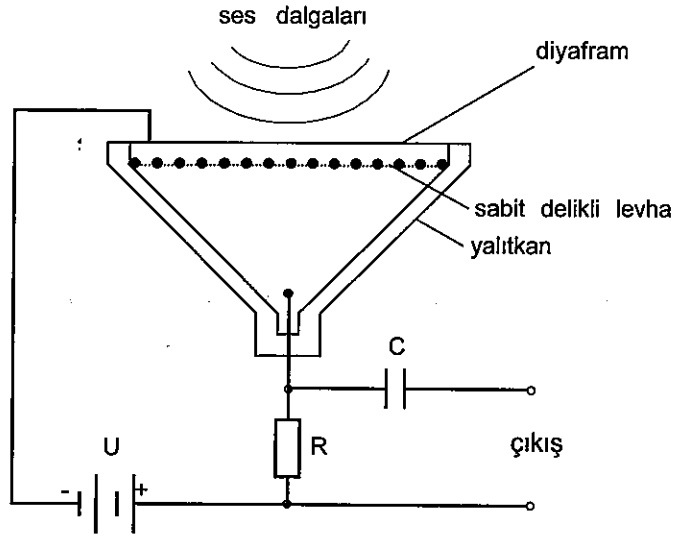
Şekil 7.1 : Dinamik mikrofon yapısı

Resim 7.1' de çeşitli tipte dinamik mikrofonlar görülmektedir.



Resim 7.1 : Çeşitli tipte dinamik mikrofonlar

## Kapasitif mikrofonlar



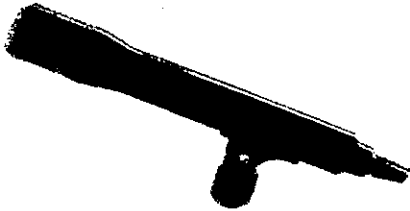
Şekil 7.2 : Kapasitif mikrofon

Şekil 7.2 'de kapasitif mikrofon prensip şeması görülmektedir.

Kapasitif mikrofonlar; şarjlı bir kondansatörün yükü değiştirildiğinde elektrik akımının elde edilmesi esasına dayalı olarak imal edilirler. Diyafram ile sabit delikli levha arasına yaklaşık 60 voltluk U bataryası bağlanmıştır. Kondansatörlü mikrofon, sürekli batarya gerilimine bağlı olduğundan şarjlıdır. Ses dalgaları diyaframa çarptığında mekanik titreşimler meydana gelir. Bu titreşimler, plâkalar arasındaki aralığın ve dolayısı ile kapasitenin değişmesini sağlar. Kapasitenin değişmesi ile mikrofondan geçen akım ve polarma gerilimi de değişir. Bu değişiklik çıkış sinyalini oluşturur.

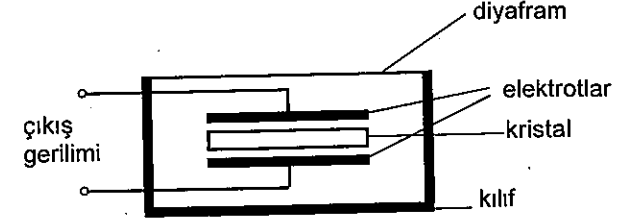
Kapasitif mikrofonlar, hassas ve distorsiyonu çok düşüktür. Bu yüzden yüksek ses düzeylerinde tercih edilirler. Ancak pahalıdır.

Resim 7.2 'de kapasitif mikrofon görülmektedir.



Resim 7.2 : Kapasitif mikrofon

## Kristal Mikrofonlar

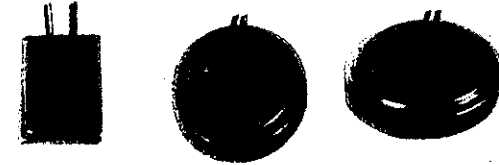


Şekil 7.3 : Kristal mikrofon

Şekil 7.3'te kristal mikrofon prensip şeması görülmektedir. Bu mikrofonlar, bazı kristallerin (rochelle tuzu, kuartz, turmalin v.b) piezoelektrik özelliği kullanılarak imâl edilmiştir. Diyaframa çarpan ses dalgaları, diyaframa bağlı olan kristale titreşim şeklinde değişik basınçlarda ulaşır. Bu durumda, piezoelektrik özellikten dolayı, kristal yüzeyleri arasında ses frekanslı bir gerilim meydana gelir. Bu gerilim bir yükseltecin girişine uygulanır.

Kristal mikrofonların çıkış empedansı yüksektir. Yüksek sıcaklık ve rutubete dayanıklı değildir. Bu sebeble belirli yerlerde kullanılabilir. Başlıca kullanım alanı, kristal vericiler ve uygun bazı elektronik devrelerdir.

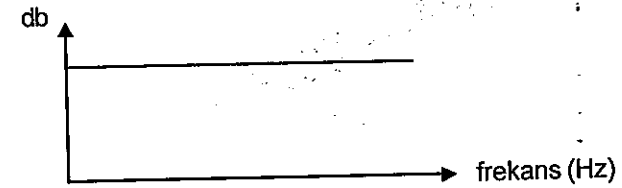
Resim 7.3 'te çeşitli tipte kristal mikrofonlar görülmektedir.



Şekil 7.3 : Çeşitli tipte kristal mikrofonlar

### 7.1.2 Mikrofonların frekans karakteristiği, empedansı

Mikrofon seçilirken frekans karakteristiği, empedans, duyarlık ve yön karakteristiği gibi özelliklere dikkat edilmelidir.



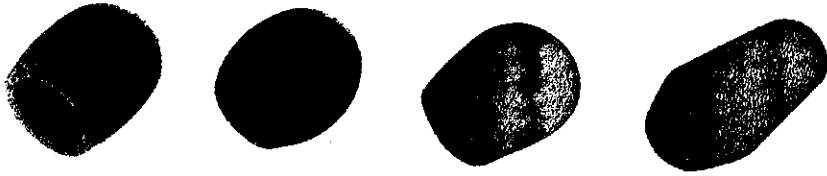
Şekil 7.4 : Mikrofon frekans karakteristiği

Şekil 7.4 ' te mikrofonların frekans karakteristiği görülmektedir. İyi bir mikrofonun frekans karakteristiği burada görüldüğü gibi bütün frekanslarda düz olmalıdır. Frekans karakteristiğinin düz olması, mikrofonun girişinden verilen sesin özelliğinin bozulmadan çıkıştan alınması demektir.

**Empedans** : Bobin, kondansatör, direnç gibi elemanlardan en az iki çeşidinin AC akımına karşı gösterdiği toplam dirence denir. Mikrofonların bir empedansı vardır. Mikrofonun empedansı, yükseltecin giriş empedansına uygun olmalıdır. Dinamik mikrofonların empedansı düşüktür (200-300  $\Omega$ ). Kapasitif mikrofonların empedansı 10000-30000  $\Omega$  arasındadır. Kristal mikrofonların empedansı 2000-50000  $\Omega$  arasındadır.

Mikrofonların duyarlılıkları farklılık gösterir. Müzik yayınlarında kullanılan mikrofonlarda yüksek duyarlılık aranırken konuşma amaçlı mikrofonların fazla duyarlı olmaması istenir. Mikrofonun duyarlılığını azaltmak ve çevreden gelen gürültülerden etkilenmesini önlemek için sünger başlıklar takılır.

Mikrofonlar seçilirken kullanılacağı yön karakteristiğine dikkat edilir. Her yönden hassas olan mikrofonlara **çok yönlü mikrofonlar**, ön ve arkadan hassas olan mikrofonlara **çift yönlü mikrofon**, yalnız önden hassas olan mikrofonlara da **tek yönlü mikrofon** denir.



Resim 7.4 Mikrofonlara takılan sünger başlıklar

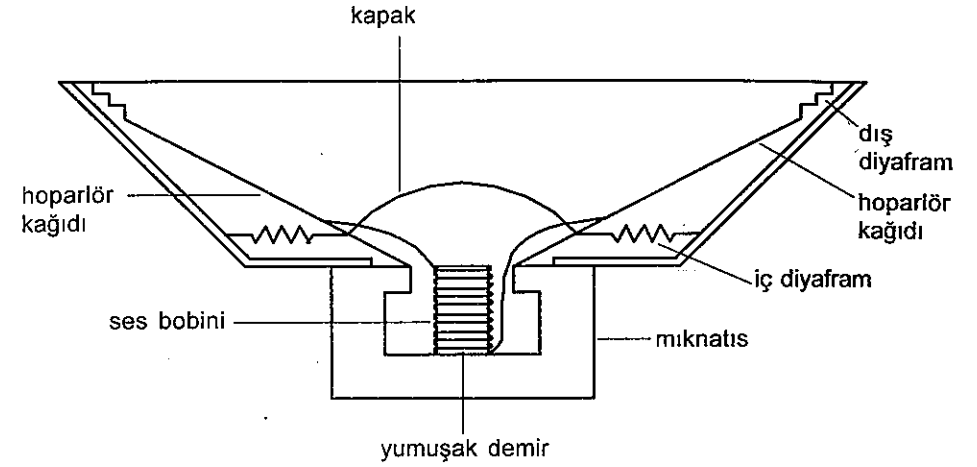
## 7.2 Elektrğin Sese Çevrilmesi

Elektrik sinyallerini ses dalgalarına çeviren cihazlara **hoparlör** denir. Başlıca **beş** çeşit hoparlör vardır :

1. Dinamik hoparlörler
2. Kristalli hoparlörler
3. Elektrostatik hoparlörler
4. Elektromanyetik hoparlörler
5. İyonlu hoparlörler

Burada, en çok kullanılan dinamik hoparlörler üzerinde durulacak ve çalışması açıklanacaktır.

## 7.2.1 Dinamik hoparlör yapısı ve çalışması



Şekil 7.5 : Dinamik hoparlör prensip şeması

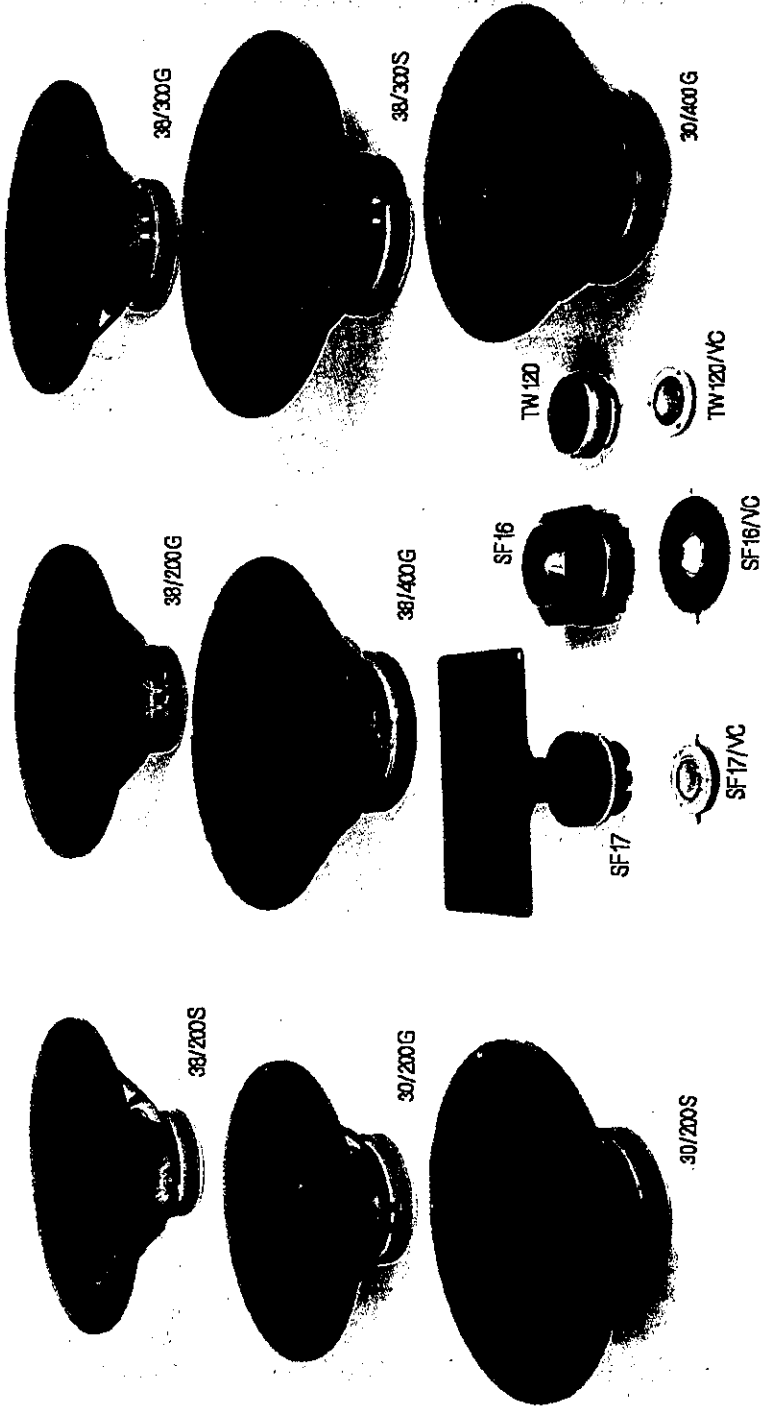
Şekil 7.5 'te dinamik hoparlör prensip şeması görülmektedir. Ses bobini, yumuşak demir nüve üzerinde hareket edebilecek şekilde sarılır. Elektrik akımlarının ses bobininde meydana getirdiği manyetik alan etkisi ile bobin mıknatıslanır. Bobinin mıknatıslanması, çok hızlı bir şekilde N ve S olacak şekilde değişir. Mıknatıslık yönü, daimî mıknatısın manyetik alanı yönü ile aynı yönlü olduğunda bobin itilir, zıt yönlü olduğunda ise çekilir. Bobinin içe ve dışa hareketleri diyaframı titreştirir. Diyafram titreştiğinde, diyaframa bağlı olan hoparlör kağıdı titreşerek çevreye ses dalgaları yayar.

## 7.2.2 Hoparlör karakteristiği ve empedans

Hoparlörlerin karakteristiği, alt ve üst seviyelerdeki seslerin frekansını verir. Hoparlörler, çeşitli güç ve empedans değerlerinde imal edilir. Kullanılacak hoparlör seçilirken bas sesler için büyük , tiz sesler için küçük çaplı hoparlör seçilmelidir. Hoparlörün bağlandığı yükselteçten maksimum verim alabilmek için hoparlör empedansı , yükselteç çıkış empedansına eşit olmalıdır. Aynı zamanda da hoparlör gücü, yükselteç gücünden yüksek olmalıdır.

Çeşitli frekanslarda kullanılan frekans karakteristiği farklı hoparlörler vardır. Tiz sesler için tweeter, orta frekanslı sesler için medium ve düşük frekanslı sesler için bas hoparlörler kullanılır.

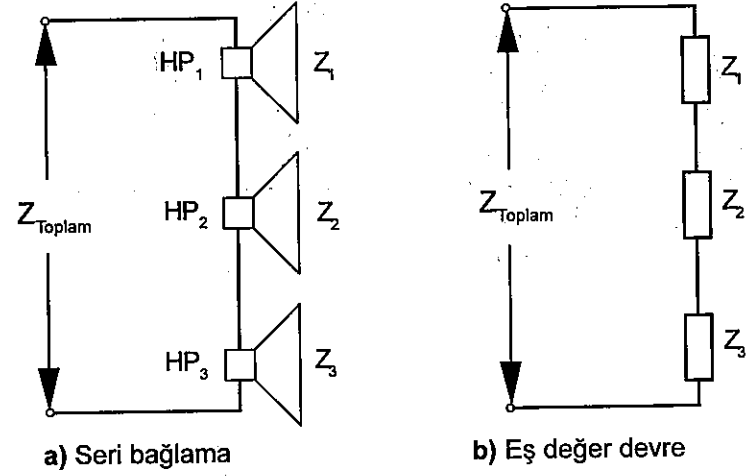




Resim 7.5 : Çeşitli tipte hoparlörler

### 7.2.3 Hoparlörlerin seri ve paralel bağlanması

#### Seri Bağlama



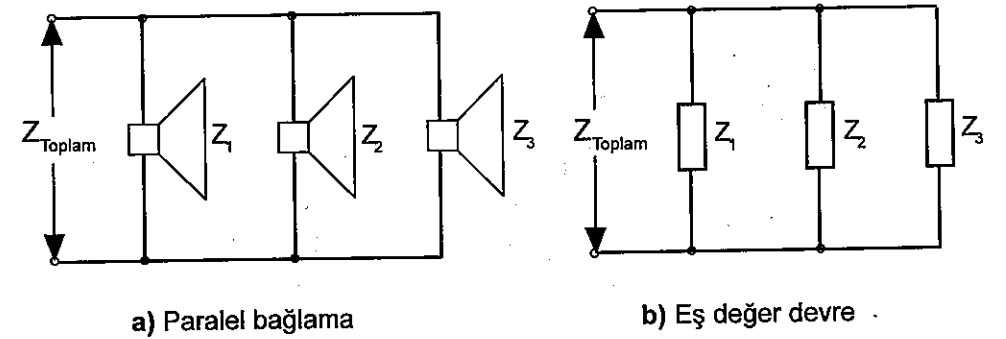
Şekil 7.6 : Hoparlörlerin seri bağlanması ve eşdeğer devresi

Şekil 7.6 'da seri bağlı 3 adet hoparlör ve eş değer devresi görülmektedir.

Seri bağlı hoparlörlerde toplam empedans, her birinin empedansları toplamına eşittir.

$$\text{Toplam empedans} : Z_{\text{TOPLAM}} = Z_1 + Z_2 + Z_3 + \dots + Z_n$$

#### Paralel Bağlama



Şekil 7.7 : Hoparlörlerin paralel bağlanması ve eşdeğer devre

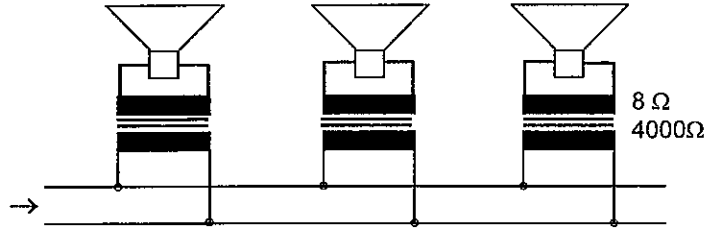
Şekil 7.7 'de paralel bağlı 3 adet hoparlör ve eş değer devresi görülmektedir. Paralel bağlı hoparlörlerde; toplam empedansın tersi, her birinin empedanslarının tersleri toplamına eşittir.

$$\text{Toplam empedans : } \frac{1}{Z_{\text{TOPLAM}}} = \frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2} + \frac{1}{Z_3} + \dots + \frac{1}{Z_n}$$

Seri veya paralel bağlı hoparlörlerin toplam empedans değerleri, bağlanacağı çıkış katının empedansına eşit olmalıdır.

Bir çıkış katına çok sayıda hoparlör bağlandığında, sesin kalitesi ve şiddeti azalabilir. Bunu önlemek için hat transformatörleri kullanılmaktadır.

Şekil 7.8 'de hat transformatörlerinin devreye bağlantıları görülmektedir.



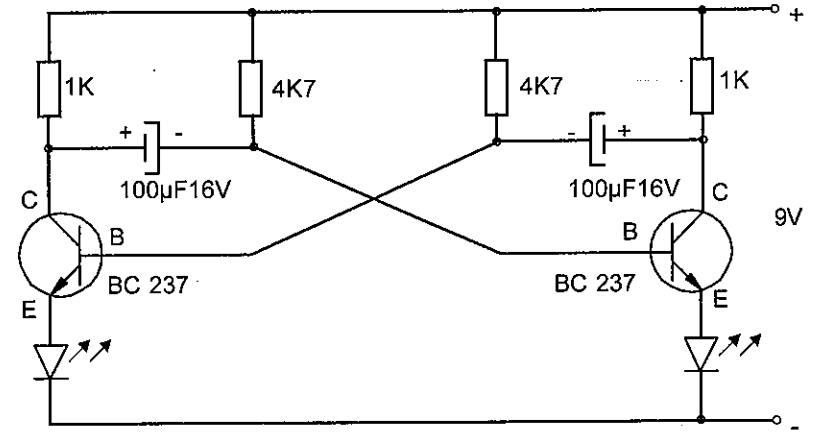
Şekil 7.8 : Hoparlörlerin hat transformatörleri ile bağlantısı

### DEĞERLENDİRME ÇALIŞMALARI

1. Mikrofon ne işe yarar? Çeşitleri nelerdir?
2. Dinamik mikrofonun prensip şemasını çizerek çalışmasını açıklayınız.
3. Kapasitif mikrofonun prensip şemasını çizerek çalışmasını açıklayınız.
4. Kristal mikrofonun prensip şemasını çizerek çalışmasını açıklayınız.
5. Mikrofonların, frekans karakteristiği ve empedansları hakkında bilgi veriniz.
6. Bir mikrofon seçilirken hangi özelliklerine dikkat edilir?
7. Hoparlör ne işe yarar? Çeşitlerini yazınız.
8. Dinamik hoparlörün yapısı ve çalışması hakkında bilgi veriniz.
9. Devrede kullanılacak hoparlörün, empedans ve güç değerleri nasıl seçilir?
10. Hoparlörlerin seri veya paralel bağlantısına göre empedans değerleri nasıl değişir?

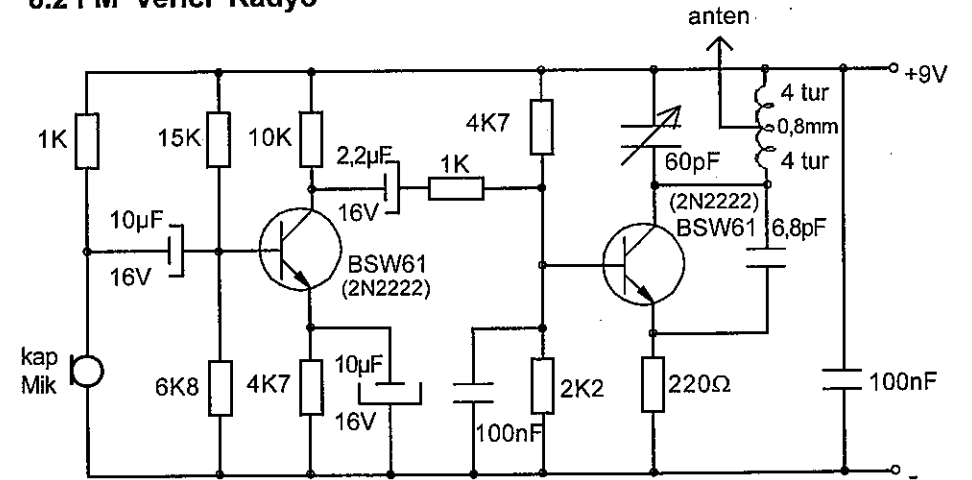
## TRANSİSTÖR UYGULAMA ÜNİTE DEVRELERİ 8

### 8.1 Transistörlü Flip-Flop



Şekil 8.1 : Transistörlü flip - flop

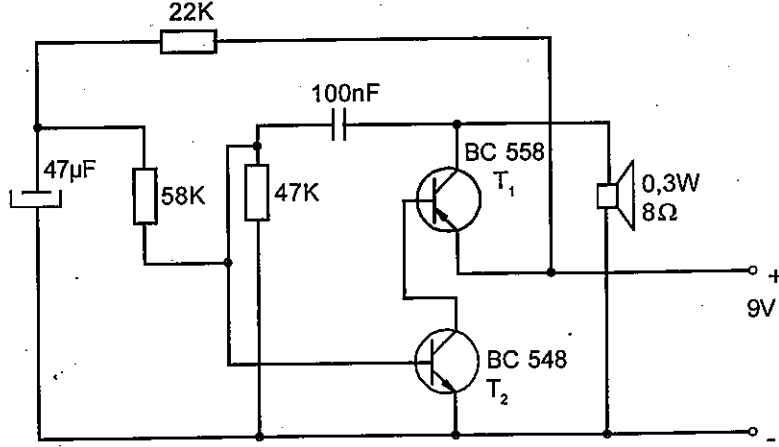
### 8.2 FM Verici Radyo



Şekil 8.2 : FM verici radyo

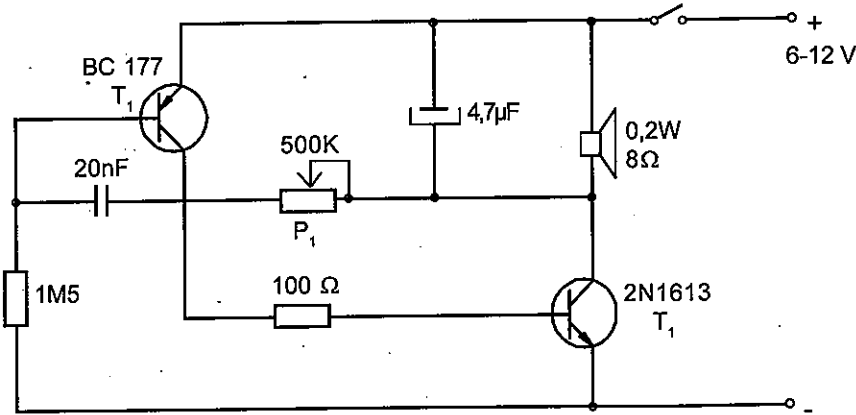
Şekil 8.2' de verilen FM verici radyo devresi ile açık arazide 1 km, kapalı alanda 100-200 metre mesafeye kadar yayın yapma imkânı vardır.

### 8.3 Elektronik Siren



Şekil 8.3 : Elektronik siren

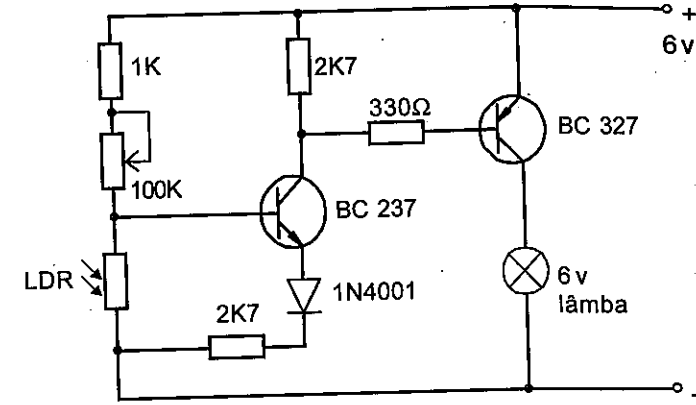
### 8.4 6 - 12 v Elektronik Siren



Şekil 8.4 : 6 - 12 volt elektronik siren

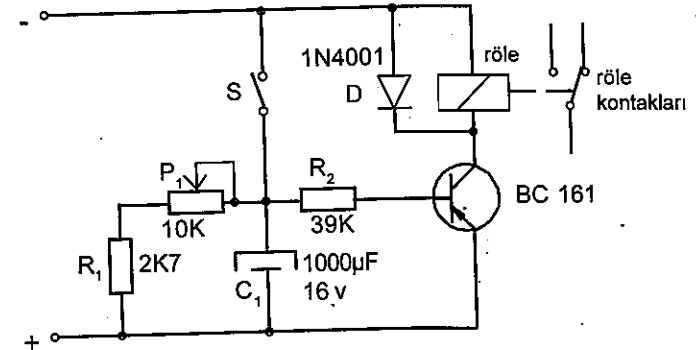
Şekil 8.4' teki devrede S anahtarı kapatıldığında BC 177 transistörü osilatör gibi çalışarak sinyal üretir. Bu sinyalin frekansı P<sub>1</sub> potansiyometresi ile ayarlanabilir. 2N 1613 transistörü, bir amplifikatör gibi, bu sinyalleri yükselterek hoparlörden yeterli güç alınmasını sağlar.

### 8.5 Transistörlü Otomatik Gece Lambası



Şekil 8.5 : Transistörlü otomatik gece lâmbası

### 8.6 Bir Transistörlü Zaman Rölesi

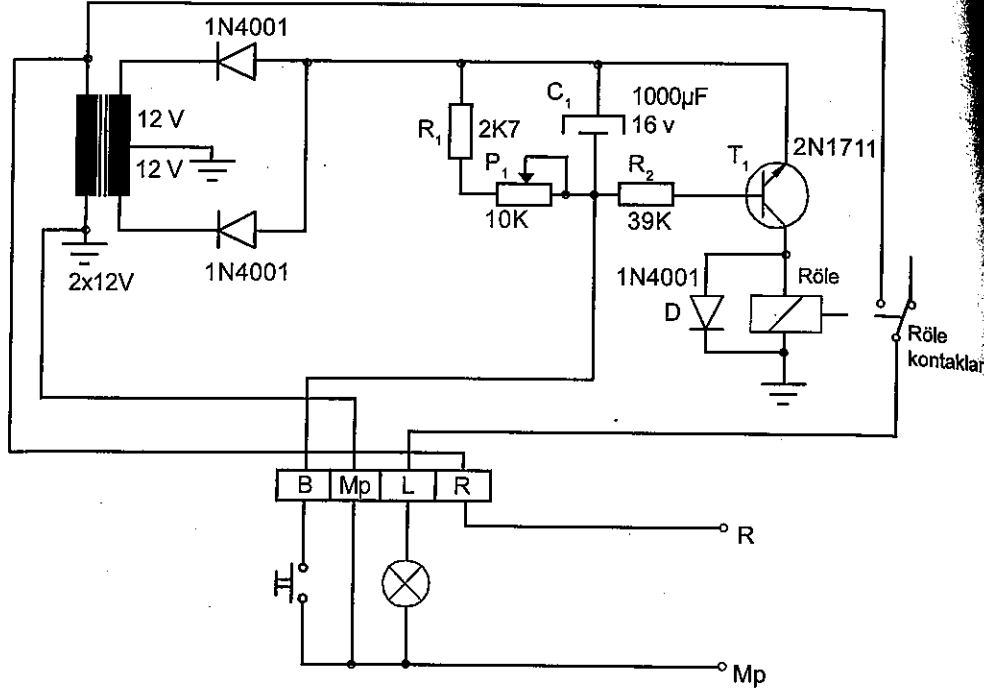


Şekil 8.6 : Bir transistörlü zaman rölesi

Şekil 8.6'daki devrede S anahtarı kapatıldığında C<sub>1</sub> kondansatörü şarj olur. Bu anda T<sub>1</sub> transistörü iletime geçerek kolektörüne bağlı olan röleyi enerjilendirir. S anahtarı açıldığında C<sub>1</sub> kondansatörü, T<sub>1</sub> transistörünü bir süre daha iletimde tutar. P<sub>1</sub> potansiyometresi ile bu kondansatörün deşarj süresi ayarlanabilir. C<sub>1</sub> kondansatörü, deşarjı belli bir değere düştüğünde T<sub>1</sub> transistörünü iletimde tutamaz. Kolektör akımı kesildiğinde rölenin paleti açılır.

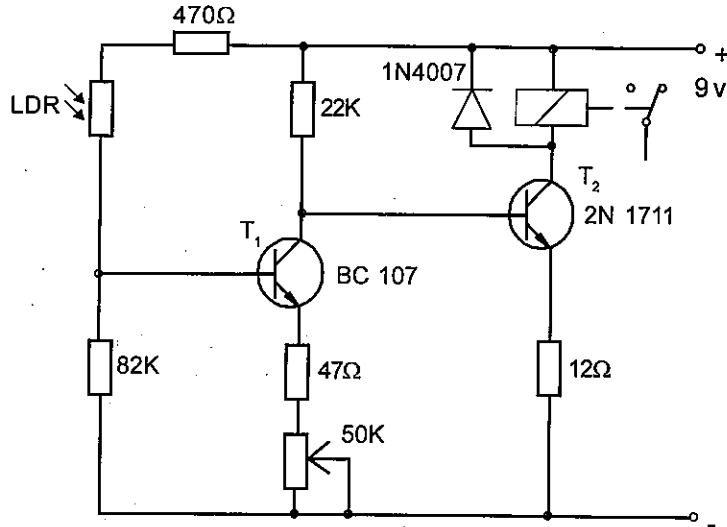
Devrede kullanılan D diyodu rölenin akımı kesildiğinde meydana gelebilecek ters yönlü indüksiyon akımını söndürür.

Şekil 8.7' de bir transistörlü zaman rölesi devresi ile yapılan merdiven otomatığı devresi görülmektedir.



Şekil 8.7 : Bir transistörlü elektronik merdiven otomatığı

### 8.7 Işık Kumandalı Röle

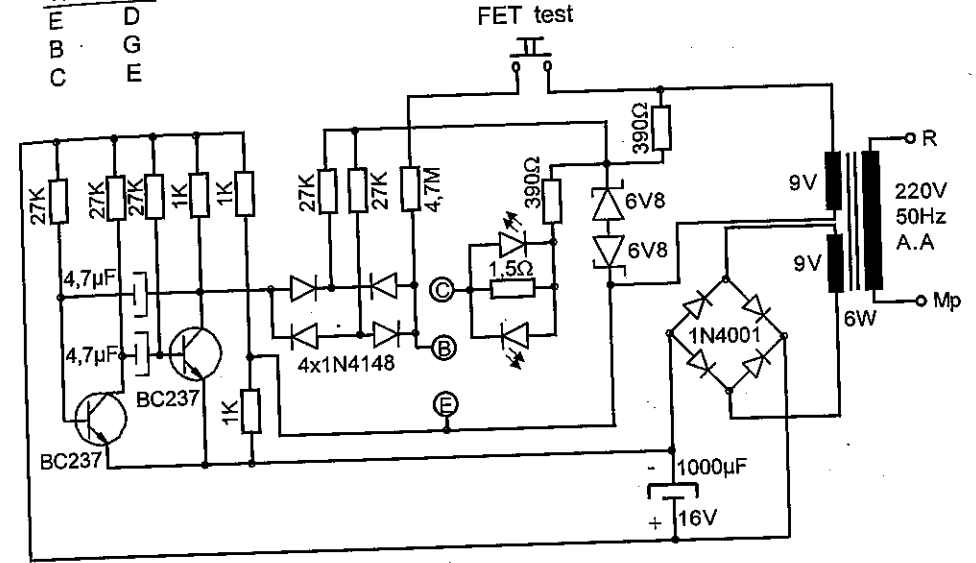


Şekil 8.8 : Işık kumandalı röle

Şekil 8.8 'deki devrede LDR ışık gördüğünden  $T_1$  iletme geçer. Bu anda  $T_2$  yalıtıktır. LDR 'nin üzerine düşen ışık kesildiğinde  $T_1$  yalıtıma,  $T_2$  ise iletme geçer.  $T_2$  'nin kolektörüne bağlı olan röle enerjilenerek kontakları durum değiştirir. Bu özelliği ile devre ; sayıcı, otomatik vitrin aydınlatması vb. yerlerde kullanılabilir.

### 8.8 Transistör Test Cihazı

Tr	FET
E	D
B	G
C	E



Şekil 8.9 Transistör test cihazı

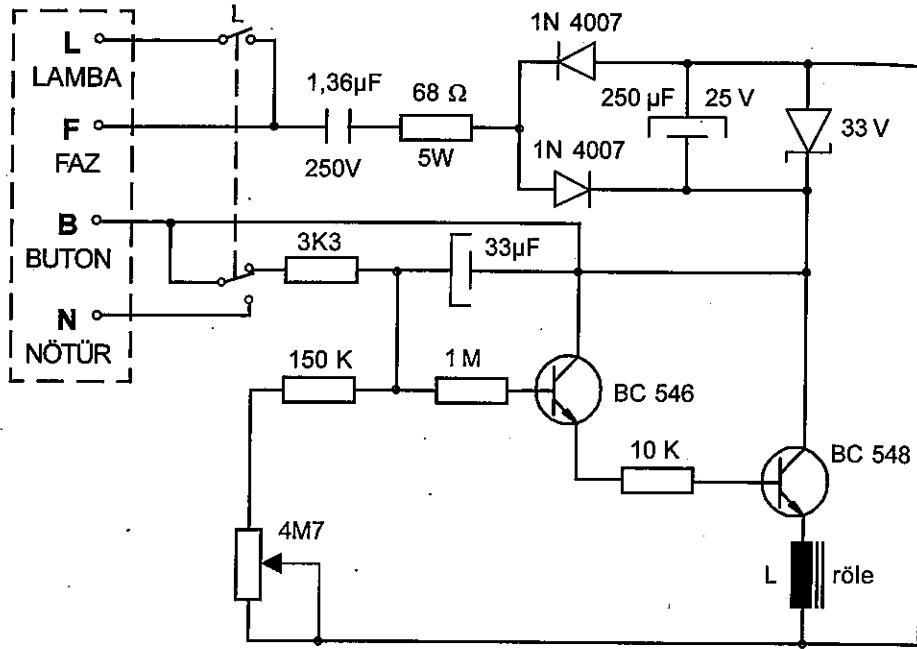
Şekil 8.9 'da görülen transistör test cihazı, transistör, FET transistör ve diyodların test edilmesinde, elektrolitik kondansatörlerin şarj durumunu belirlemek için kullanılır.

2 x 9 voltluk transformatörün sekonderinin ortak orta ucu ayrılarak 2 adet sekonder elde edilmiştir. LED lâmbalar, transistörün NPN veya PNP olduğunu belirtmektedir. Transistör ters bağlanırsa ölçüm yapılamaz. Yanıp sönen LED 'lerden transistörün sağlamlığı ve tipi anlaşılabilir.

Diyod ; E, C uçları ile test edilir, diyod sağlamsa LED 'lerden herhangi biri yanar.

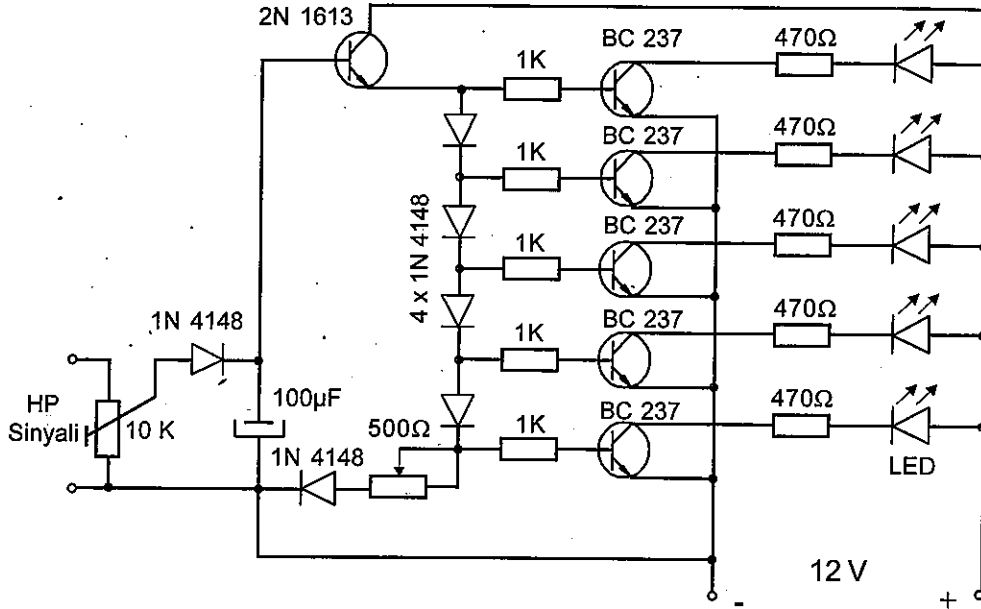
Elektrolitik kondansatörün şarj olduğu, bir müddet sonra LED söndüğünde anlaşılır. Bu devre ile 10 µF ile 3300 µF arası kondansatörler ölçülebilir.

### 8.9 İki Transistörlü Elektronik Merdiven Otomatığı



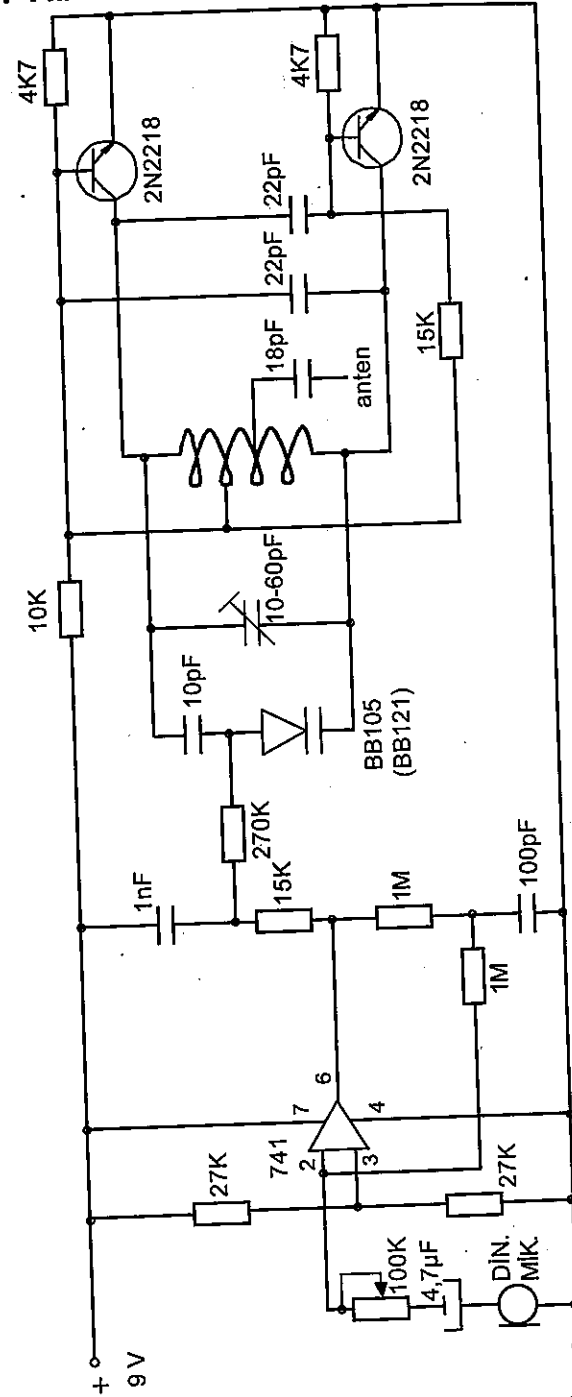
Şekil 8.10 : İki transistörlü elektronik merdiven otomatığı

### 8.10 Transistörlü Vu - Metre

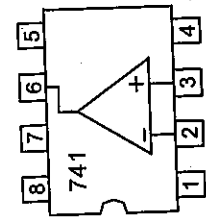
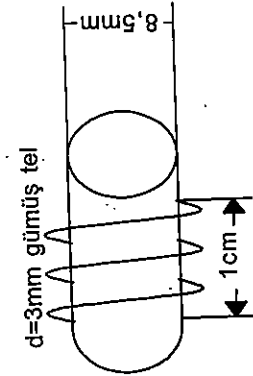
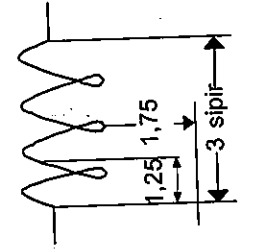


Şekil 8.11 : Transistörlü vu - metre

### 8.11 FM Verici



Şekil 8.12 : FM Verici



## 8.12 Komplementer Transistörler

Aynı karakteristik özelliği gösteren PNP tipi transistörün NPN tipi veya PNP tipi karşılığıdır.

Tablo 8.1 : Komplementer transistörler

NPN	PNP	NPN	PNP
BC 107	BC 177	BC 108	BC 178
BC 109	BC 179	BC 140	BC 160
BC 141	BC 161	BC 237	BC 307
BC 238	BC 308	BC 239	BC 309
BC 337	BC 327	BC 338	BC 328
BC 368	BC 369	BC 431	BC 432
BC 546	BC 556	BC 547	BC 557
BC 548	BC 558	BC 635	BC 636
BC 637	BC 638	BC 639	BC 640
BCW 60 BCY 58	BCW 61 BCY 78	BCX 70 BCY 59	BCX 71 BCY 79
BD 135	BD 136	BD 137	BD 138
BD 139	BD 140	BD 175	BD 176
BD 177	BD 178	BD 179	BD 180
BD 201	BD 202	BD 203	BD 204
BD 233	BD 234	BD 235	BD 236
BD 237	BD 238	BD 433	BD 434
BD 435	BD 436	BD 437	BD 438
BD 439	BD 440	BD 441	BD 442
BD 643	BD 644	BD 645	BD 646
BD 647	BD 648	BD 649	BD 650
BD 675	BD 676	BD 677	BD 678
BD 679	BD 680	BD 681	BD 2682

## BAZI TRANSİSTÖRLERİN KARŞILIK TABLOLARI

İSMİ	MALZEME VE TİPİ	KILIF ŞEKLİ	ÖZELLİĞİ	KARŞILIKLARI
AC126	Ge - PNP	2	32 v - 0,2A	AC122 (5), AC151 (2) AC192 (2)
AC127	Ge - NPN	2	32 v - 0,5A - 0,34 w	AC176 (2), AC187 (2) AC194 (2)
AC128	Ge - PNP	2	32 v - 1 A - 1w	AC153 (2), AC188 (2) AC192 (2)
AC186	Ge - NPN	4	32 V - 1 A - 0,75 w	AC127 (2), AC176 (2), AC187 (2), AC194 (2)
AC187K	Ge - NPN	1	25 v - 1 A - 1 w	AC176K (1), AC194K (1)
AC188K	Ge - PNP	1	25 v - 1 A - 1 w	AC153K (1), AC128K (1) AC 192 (1)
AD149	Ge - PNP	16	50 v - 3,5A - 27,5 w	AD166 (16), 2N1540 (16) 2N2148 (16), 2N3617 (16)
AD162	Ge - PNP	16	32 v - 1 A - 6 w	AD262 (16)
BC107 A,B,C	Si - NPN	4	50 v - 0,2A - 0,3 w	BC171 (9), BC182 (9), BC207 (5), BC237 (9), BC382 (9), BC547 (9), BC582 (9)
BC108 A,B,C	Si - NPN	4	30 v - 0,2A - 0,3 w	BC172 (9), BC183 (9), BC208 (5), BC238 (9), BC383 (9), BC548 (9), BC583 (9)
BC109 A,B,C	Si - NPN	4	30 v - 0,2A - 0,3 w	BC173 (9), BC184 (9), BC209 (5), BC239 (9), BC384 (9), BC549 (9), BC584 (9)
BC140 6...25	Si - NPN	3	80 v - 1 A - 0,75 w	BC301 (3), 2N1613 (3), 2N1711 (3)

İSMİ	MALZEME VE TİPİ	KILIF ŞEKLİ	ÖZELLİĞİ	KARŞILIKLARI
BC141 6...25	Si - NPN	3	100 v - 1 A - 0,75 w	BC300 ( 3 ) , 2N1613 ( 3 ) , 2N1711 ( 3 )
BC148 A,B,C	Si - NPN	12	30 v - 0,2 A - 0,3 w	BC108 ( 4 ) , BC172 ( 9 ) , BC183 ( 9 ) , BC208 ( 5 ) , BC238 ( 9 ) , BC383 ( 9 ) , BC548 ( 9 ) , BC583 ( 9 )
BC149 A,B,C	Si - NPN	12	30 v - 0,2 A - 0,3 w	BC109 ( 4 ) , BC173 ( 9 ) , BC184 ( 9 ) , BC209 ( 9 ) , BC239 ( 9 ) , BC384 ( 9 ) , BC549 ( 9 ) , BC584 ( 9 )
BC160 6...25	Si - PNP	3	40 v - 1 A - 0,75 w	BC304 ( 3 ) , BC460 ( 3 )
BC161 6...25	Si - PNP	3	60 v - 1 A - 0,75 w	BC303 ( 3 ) , BC461 ( 3 )
BC168 A,B,C	Si - NPN	8	30 v - 0,2 A - 0,3 w	BC108 ( 4 ) , BC172 ( 9 ) , BC183 ( 9 ) , BC208 ( 5 ) , BC238 ( 9 ) , BC383 ( 9 ) , BC548 ( 9 ) , BC583 ( 9 )
BC170 A,B,C	Si - NPN	9	20 v - 0,1 A - 0,3 w	BC108 ( 4 ) , BC183 ( 9 ) , BC172 ( 9 ) , BC208 ( 5 ) , BC238 ( 9 ) , BC383 ( 9 ) , BC548 ( 9 ) , BC583 ( 9 )
BC171 ( A , B )	Si - NPN	9	50 v - 0,1 A - 0,3 w	BC107 ( 4 ) , BC182 ( 9 ) , BC207 ( 5 ) , BC237 ( 9 ) , BC382 ( 9 ) , BC547 ( 9 ) , BC582 ( 9 )
BC172	Si - NPN	9	30 v - 0,1 A - 0,3 w	BC108 ( 4 ) , BC183 ( 9 ) , BC208 ( 5 ) , BC238 ( 9 ) , BC383 ( 9 ) , BC548 ( 9 ) , BC583 ( 9 )

İSMİ	MALZEME VE TİPİ	KILIF ŞEKLİ	ÖZELLİĞİ	KARŞILIKLARI
BC173 ( B , C )	Si - NPN	9	30 v - 0,1 A - 0,3 w	BC109 ( 4 ) , BC184 ( 9 ) , BC209 ( 5 ) , BC239 ( 9 ) , BC384 ( 9 ) , BC549 ( 9 ) , BC584 ( 9 )
BC177 V,VI , A,B,C	Si - PNP	4	50 v - 0,2 A - 0,3 w	BC204 ( 5 ) , BC212 ( 9 ) , BC251 ( 9 ) , BC307 ( 9 ) , BC512 ( 9 ) , BC557 ( 9 )
BC178 V,VI , A,B,C	Si - PNP	4	30 v - 0,2 A - 0,3 w	BC205 ( 5 ) , BC213 ( 9 ) , BC252 ( 9 ) , BC308 ( 9 ) , BC513 ( 9 ) , BC558 ( 9 )
BC182 A,B,C	Si - NPN	9	60 v - 0,2 A - 0,3 w	BC174 ( 9 ) , BC190 ( 4 ) , BC546 ( 9 )
BC183 A,B,C	Si - NPN	9	45 v - 0,2 A - 0,3 w	BC107 ( 4 ) , BC171 ( 9 ) , BC207 ( 5 ) , BC237 ( 9 ) , BC382 ( 9 ) , BC547 ( 9 ) , BC582 ( 9 )
BC205 V,VI , A,B	Si - PNP	5	30 v - 0,2 A - 0,3 w	BC178 ( 4 ) , BC213 ( 9 ) , BC252 ( 9 ) , BC308 ( 9 ) , BC513 ( 9 ) , BC558 ( 9 )
BC208 A,B,C	Si - NPN	5	30 v - 0,2 A - 0,3 w	BC108 ( 4 ) , BC172 ( 9 ) , BC238 ( 9 ) , BC383 ( 9 ) , BC548 ( 9 ) , BC583 ( 9 ) , BC183 ( 9 )
BC212	Si - PNP	9	50 v - 0,2 A	BC256 ( 9 ) , BC266 ( 4 ) , BC556 ( 9 )
BC237 ( A , B )	Si - NPN	9	50 v - 0,2 A - 0,3 w	BC107 ( 4 ) , BC171 ( 9 ) , BC182 ( 9 ) , BC207 ( 10 ) , BC382 ( 9 ) , BC547 ( 9 ) , BC582 ( 9 )

İSMİ	MALZEME VE TİPİ	KILIF ŞEKLİ	ÖZELLİĞİ	KARŞILIKLARI
BC238 A,B,C	Si - NPN	9	30 v - 0,2 A - 0,3 w	BC108 ( 4 ) , BC172 ( 9 ) , BC183 ( 9 ) , BC208 ( 5 ) , BC383 ( 9 ) , BC548 ( 9 ) , BC583 ( 9 )
BC239 ( B,C )	Si - NPN	9	30 v - 0,2 A - 0,3 w	BC109 ( 4 ) , BC173 ( 9 ) , BC184 ( 9 ) , BC209 ( 9 ) , BC384 ( 9 ) , BC549 ( 9 ) , BC584 ( 9 )
BC252 A,B,C	Si - PNP	9	20 v - 0,1 A - 0,3 w	BC178 ( 4 ) , BC205 ( 5 ) , BC213 ( 9 ) , BC308 ( 9 ) , BC513 ( 9 ) , BC558 ( 9 )
BC253 A,B,C	Si - PNP	9	20 v - 0,1 A - 0,3 w	BC179 ( 4 ) , BC206 ( 5 ) , BC214 ( 9 ) , BC309 ( 9 ) , BC514 ( 9 ) , BC559 ( 9 )
BC261 A,B,C	Si - PNP	4	45 v - 0,1 A - 0,3 w	BC177 ( 4 ) , BC204 ( 5 ) , BC212 ( 9 ) , BC251 ( 9 ) , BC307 ( 9 ) , BC512 ( 9 ) , BC557 ( 9 )
BC307 VI , A , B , C	Si - PNP	9	50 v - 0,2 A - 0,3 w	BC177 ( 4 ) , BC204 ( 5 ) , BC212 ( 9 ) , BC251 ( 9 ) , BC512 ( 9 ) , BC557 ( 9 )
BC308 VI , A , B , C	Si - PNP	9	30 v - 0,2 A - 0,3 w	BC178 ( 4 ) , BC205 ( 5 ) , BC213 ( 9 ) , BC252 ( 9 ) , BC513 ( 9 ) , BC558 ( 9 )
BC309 VI , A , B , C	Si - PNP	9	5 v - 0,2 A - 0,3 w	BC179 ( 4 ) , BC206 ( 5 ) , BC214 ( 9 ) , BC253 ( 9 ) , BC514 ( 9 ) , BC559 ( 9 )
BC317 ( A , B )	Si - NPN	10	50 v - 0,15A - 0,35 w	BC107 ( 4 ) , BC171 ( 9 ) , BC182 ( 9 ) , BC207 ( 5 ) , BC237 ( 9 ) , BC382 ( 9 ) , BC547 ( 9 ) , BC582 ( 9 )

İSMİ	MALZEME VE TİPİ	KILIF ŞEKLİ	ÖZELLİĞİ	KARŞILIKLARI
BC327 16...40	Si - PNP	9	50 v - 0,8 A - 0,625 w	BC297 ( 4 ) , BC727 ( 10 ) , BC827 ( 9 )
BC328 16...40	Si - PNP	9	30 v - 0,8 A - 0,625 w	BC298 ( 4 ) , BC728 ( 10 ) , BC828 ( 9 )
BC337 16...40	Si - NPN	9	50 v - 0,8 A - 0,625 w	BC377 ( 4 ) , BC737 ( 10 ) , BC837 ( 9 )
BC360 6...16	Si - PNP	3	40 v - 0,5 A - 0,8 w	BC160 ( 3 ) , BC304 ( 3 )
BC413 ( B,C )	Si - NPN	9	45 v - 0,1 A - 0,3 w	BC184 ( 9 ) , BC330 ( 9 ) , BC384 ( 9 ) , BC550 ( 9 )
BC526	Si - PNP	9	60 v - 0,2 A - 0,625 w	MPS - A 65 ( 10 ) , MPS - A 66 ( 10 )
BC546 VI,A,B	Si - NPN	9	80 v - 0,2 A - 0,5 w	BC174 ( 9 ) , BC190 ( 4 ) BC447 ( 10 )
BC547 VI , A , B , C	Si - NPN	9	50 v - 0,2 A - 0,5 w	BC107 ( 4 ) , BC171 ( 9 ) , BC182 ( 9 ) , BC207 ( 5 ) , BC237 ( 9 ) , BC382 ( 9 ) , BC582 ( 9 )
BC548 VI , A , B , C	Si - NPN	9	30 v - 0,2 A - 0,5 w	BC108 ( 4 ) , BC172 ( 9 ) , BC183 ( 9 ) , BC208 ( 5 ) , BC238 ( 9 ) , BC383 ( 9 ) , BC583 ( 9 )
BC549 ( B,C )	Si - NPN	9	30 v - 0,2 A - 0,5 w	BC109 ( 4 ) , BC173 ( 9 ) , BC184 ( 9 ) , BC209 ( 5 ) , BC239 ( 9 ) , BC384 ( 9 ) , BC584 ( 9 )
BC556 VI,A,B	Si - PNP	9	80 v - 0,2 A - 0,5 w	BC256 ( 9 ) , BC266 ( 4 ) , BC448 ( 10 )



İSMİ	MALZEME VE TİPİ	KILIF ŞEKLİ	ÖZELLİĞİ	KARŞILIKLARI
BC557 VI, A, B	Si - PNP	9	50 v - 0,2 A - 0,5 w	BC177 ( 4 ) , BC204 ( 5 ) , BC212 ( 9 ) , BC251 ( 9 ) , BC307 ( 9 ) , BC512 ( 9 )
BC558 VI , A , B , C	Si - PNP	9	30 v - 0,2 A - 0,5 w	BC178 ( 4 ) , BC205 ( 5 ) , BC213 ( 9 ) , BC252 ( 9 ) , BC308 ( 9 ) , BC513 ( 9 )
BC559 A, B, C	Si - PNP	9	30 v - 0,2 A - 0,5 w	BC179 ( 4 ) , BC206 ( 9 ) , BC214 ( 9 ) , BC253 ( 9 ) , BC309 ( 9 ) , BC514 ( 9 )
BC635 6...16	Si - NPN	8	45 v - 1 A - 0,8 w	BC337 ( 9 ) , BC537 ( 10 ) , BC737 ( 10 ) , BC837 ( 10 )
BC636 6...16	Si - PNP	8	45 v - 1 A - 0,8 w	BC327 ( 9 ) , BC527 ( 10 ) , BC727 ( 10 ) , BC827 ( 10 )
BC875	Si - NPN	8	60 v - 1 A - 0,8 w	BSR50 ( 8 ) , BC877 ( 8 )
BCY58 7...10 A, B, C, D	Si - NPN	4	32 v - 0,2 A - 0,39 w	BC107 ( 4 ) , BC171 ( 9 ) , BC183 ( 9 ) , BC207 ( 5 ) , BC237 ( 9 ) , BC382 ( 9 ) , BC547 ( 9 ) , BC582 ( 9 )
BCY59 7...10 A, B, C, D	Si - NPN	4	45 v - 0,2 A - 0,39 w	BC107 ( 4 ) , BC171 ( 9 ) , BC183 ( 9 ) , BC207 ( 5 ) , BC237 ( 9 ) , BC382 ( 9 ) , BC547 ( 9 ) , BC582 ( 9 )
BCY70	Si - PNP	4	50 v - 0,2 A - 0,3 w	BC177 ( 4 ) , BC204 ( 5 ) , BC212 ( 9 ) , BC251 ( 9 ) , BC307 ( 9 ) , BC512 ( 9 ) , BC557 ( 9 ) , BCX79 ( 9 )
BCY78 ( A, B, C, D )	Si - PNP	4	32 v - 0,2 A - 0,35 w	BC178 ( 4 ) , BC205 ( 5 ) , BC252 ( 9 ) , BC213 ( 9 ) , BC308 ( 9 ) , BC513 ( 9 ) , BC558 ( 9 ) , BCX78 ( 9 )

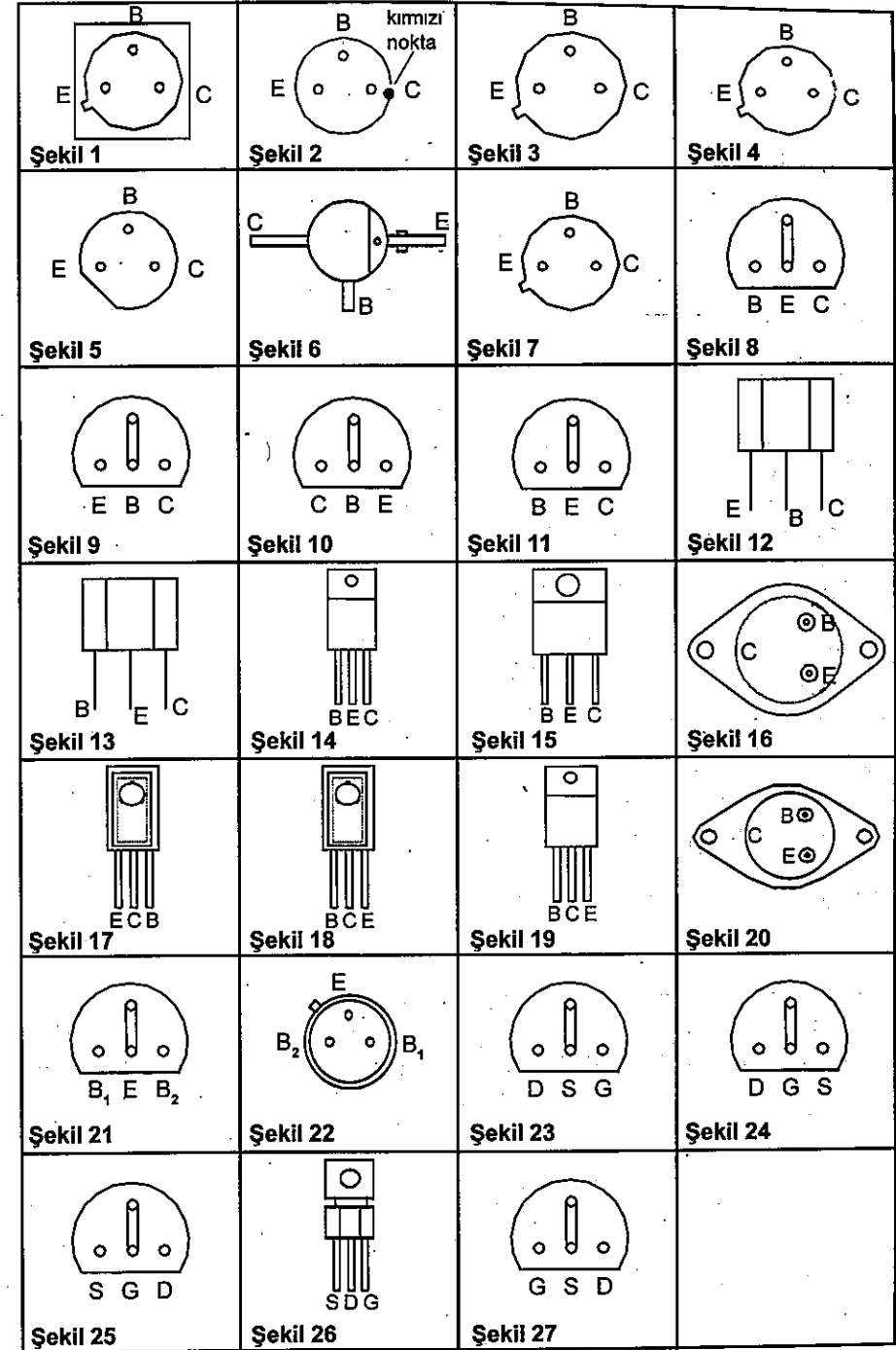
İSMİ	MALZEME VE TİPİ	KILIF ŞEKLİ	ÖZELLİĞİ	KARŞILIKLARI
BD135 6...16	Si - NPN	17	45 v - 1,5 A - 12,5 w	BD165 ( 17 ) , BD175 ( 17 ) , BD226 ( 17 ) , BD233 ( 17 ) , BD437 ( 17 )
BD136 6...16	Si - PNP	17	45 v - 1,5 A - 12,5 w	BD166 ( 17 ) , BD176 ( 17 ) , BD227 ( 17 ) , BD234 ( 17 ) , BD438 ( 17 )
BD137 6...10	Si - NPN	17	60 v - 1,5 A - 12,5 w	BD167 ( 17 ) , BD177 ( 17 ) , BD228 ( 17 ) , BD235 ( 17 ) , BD439 ( 17 )
BD138 6...10	Si - PNP	17	60 v - 1,5 A - 12,5 w	BD168 ( 17 ) , BD178 ( 17 ) , BD229 ( 17 ) , BD236 ( 17 ) , BD440 ( 17 )
BD139 6...10	Si - NPN	17	80 v - 1,5 A - 12,5 w	BD169 ( 17 ) , BD179 ( 17 ) , BD230 ( 17 ) , BD237 ( 17 ) , BD441 ( 17 )
BD140 6...10	Si - PNP	17	80 v - 1,5 A - 12,5 w	BD170 ( 17 ) , BD180 ( 17 ) , BD231 ( 17 ) , BD238 ( 17 ) , BD442 ( 17 )
BC233 6...16	Si - NPN	17	45 v - 2 A - 25 w	BD175 ( 17 ) , BD375 ( 17 ) , BD437 ( 17 )
BD237 6...10	Si - NPN	17	100 v - 2 A - 25 w	BD179 ( 17 ) , BD379 ( 17 ) , BD441 ( 17 )
BD239 A, B, C	Si - NPN	14	45 v - 2 A - 30 w	BD241 ( 14 ) , BD243 ( 14 ) , BD575 ( 18 )
BD240 A, B, C	Si - PNP	14	45 v - 2 A - 30 w	BD242 ( 14 ) , BD244 ( 14 ) , BD576 ( 18 )
BD242 A, B, C	Si - PNP	14	45 v - 3 A - 40 w	BD244 ( 14 ) , BD576 ( 18 ) , BD586 ( 18 )

İSMİ	MALZEME VE TİPİ	KILIF ŞEKLİ	ÖZELLİĞİ	KARŞILIKLARI
BD243 A,B,C	Si - NPN	14	45 v - 6 A - 65 w	BD595 ( 18 ), BD605 ( 18 ) BD597 ( 18 ), BD607 ( 18 )
BD244 A,B,C	Si - PNP	14	45 v - 6 A - 65 w	BD596 ( 18 ), BD606 ( 18 ) BD598 ( 18 ), BD608 ( 18 )
BD435	Si - NPN	17	32 v - 4 A - 36 w	BD441 ( 17 ), 2N5192 ( 17 )
BD436	Si - PNP	17	32 v - 4 A - 36 w	BD442 ( 17 ), 2N5195 ( 17 )
BD512	P - FET	26	60 v - 1,5 A - 10 w	P Kanal FET Transistor
BC522	N - FET	26	60 v - 1,5 A - 10 w	N Kanal FET Transistor
BF194	Si - NPN	13	AM/FM/V/O/ZF 26 MHz	BF240 ( 11 ) BF254 ( 11 ) BF454 ( 6 ), BF494 ( 11 ), BF594 ( 11 )
BF245 A,B,C	N - FET	23	-	BF256 ( 23 ), BF244 ( 24 )
BF256 A,B,C	N - FET	23	VHF / UHF symm	BF244 ( 24 ), BF245 ( 23 )
BF257 A...B	Si - NPN	3	160 v - 0,1 A - 0,8 w	BF337 ( 3 ), BF658 ( 3 )
BS170	N - FET	25	-	N Kanal MOSFET BS107(25)
BSV 57 - B	UJT	21	-	2N2646 ( 22 )
BSV69	Si - NPN	3	45 v - 2 A - 25/40 ns	BSV77 ( 3 ), BSV95 ( 3 ) BSW27 ( 3 )
BSX22	Si - NPN	3	40 v - 1,5 A - 100 w	BSS16 ( 3 ), BSS42 ( 3 ) BSW39 ( 3 )
BPW 14 - C	Si - NPN	7	-	Foto - transistör

İSMİ	MALZEME VE TİPİ	KILIF ŞEKLİ	ÖZELLİĞİ	KARŞILIKLARI
BSY73	Si - NPN	4	25 v - 0,1 A - 145 MHz	BC108 ( 4 ), BC172 ( 9 ), BC183 ( 9 ), BC208 ( 5 ), BC238 ( 9 ), BC383 ( 9 ), BC548 ( 9 ), BC583 ( 9 )
BSY95A	Si - NPN	4	25 v - 0,1 A - >200 Mhz	BSS10-12 ( 4 ), BSV59 ( 4 ) BSX19 ( 4 ), BSX20 ( 4 )
MJ2500	Si - PNP	16	60 v - 10 A - 150 w	BDX64 ( 16 ), BDX66 ( 16 ) 2N6050 ( 16 )
MJE 3055	Si - NPN	17	70 v - 10 A - 90 w	BD207 ( 17 ), BD213 ( 15 ) BD607 ( 18 )
2N1613	Si - NPN	3	75 v - 0,5 A - 0,8 w	BC141 ( 3 ), BC301 ( 3 )
2N1711	Si - NPN	3	75 v - 0,5 A - 0,8 w	BC141 ( 3 ), BC301 ( 3 )
2N2219	Si - NPN	3	60 v - 0,8 A - 0,8 w	BFX94 ( 3 ), BSW52 ( 3 ) BC140 ( 3 ), BC302 ( 3 )
2N2222	Si - NPN	4	60 v - 0,8 A - 0,8 w	BC546 ( 9 ), BC637 ( 8 )
2N2646	UJT	22	-	BSV57 - B ( 21 )
2N2904	Si - PNP	3	60/40 v - 0,6 A 0,8 w	BC161 ( 3 ), BC303 ( 3 )
2N2907	Si - PNP	4	60/40 v - 0,6 A 0,4 w	BC528 ( 10 ), BC638 ( 8 )
2N2925	Si - NPN	8	-	-
2N2926	Si - NPN	8	-	BC108 ( 4 ), BC172 ( 9 ) BC183 ( 9 ), BC208 ( 5 ) BC238 ( 9 ), BC383 ( 9 )
2N3053	Si - NPN	3	60 v - 0,7 A - 1 w	BC140 ( 3 ), BC302 ( 3 ) BSS42 ( 3 )

İSMİ	MALZEME VE TİPİ	KILIF ŞEKLİ	ÖZELLİĞİ	KARŞILIKLARI
2N3055	Si - NPN	16	100 v - 15 A - 117 w	BD130 ( 16 )
2N3416	Si - NPN	8	50 v - 0,5 A	BC337 ( 16 ) , BC377 ( 4 ) , BC738 ( 10 )
2N3638	Si - PNP	4	25 v - 0,5 A - 0,3 w	BC160 ( 3 ) , BC304 ( 3 ) , 2N3072(16)
2N4398	Si - PNP	16	40 v - 30 A - 200 w	2N5683 ( 16 ) , 2N6377 ( 16 )
2N5459	N - FET	27	25 v	-
2N6124	Si - PNP	14	45 v - 4 A - 40 w	BD244 ( 14 ) , BD596 ( 18 )
2N6515	Si - NPN	10	250 v - 0,5 A - 0,625 w	MPS - A 42 ( 10 )
2N6520	Si - PNP	10	350 v	-
2SC 1384	Si - NPN	8	60 v - 1 A - 0,75 w	BC337 ( 9 ) , BC377 ( 4 )
2SD970	Si - NPN	19	120 v - 8 A - 50 w	Darlington transistör
TIP140	Si - NPN	15	60 v - 10 A - 125 w	BDX65 ( 16 ) , MJ3000 ( 16 )
TIP145	Si - PNP	15	60 v - 10 A - 125 w	BDX64 ( 16 ) , MJ2500 ( 16 )
TIP3055	Si - NPN	15	100 v - 15 A - 90 w	BD245C ( 15 ) , BD249C ( 15 )

## TRANSİSTÖR KILIF ŞEKİLLERİ



## TEKNİK TERİMLER SÖZLÜĞÜ

### A

- akım kazancı** : Transistörlerde çıkış akımının giriş akımına oranı.  
**alternans** : Sinüs dalgasının pozitif veya negatif bölgedeki yarısı.  
**amplifikatör** : Yükselteç.  
**anî toparlanmalı diyod** : Giriş frekansını çıkışta yükselten diyod.  
**anot** : Doğru polarmada ( + ) ucun bağlandığı diyod ucu.  
**atom** : Basit maddenin özelliklerini taşıyan en küçük parçası.  
**atom numarası** : Basit maddenin proton sayısıdır.

### B

- balast** : Flüoresan lâmba devresine seri bağlanan bir şok bobini.  
**baritt diyod** : Yarı iletken + metal birleşmeli diyod.  
**beyz** : Transistörde P tipi maddeler arasındaki N tipi madde veya N tipi maddeler arasındaki P tipi maddenin bulunduğu bölge.  
**bobin** : Yalıtılmış iletkenlerle yapılan sarım.

### C - Ç

- çekirdek** : Manyetik nüve.  
**çoğunluk taşıyıcı** : N tipi maddede elektronlara, P tipi maddede oyuklara verilen ad.

### D

- darlington bağlantı** : Akım kazancını artırmak amacı ile iki transistörün kolektörünün birleştirildiği bağlantı.

**deşarj** : Boşalma.

**dielektrik** : Kondansatörde iki iletken madde arasına konan yalıtkan madde.

**direnç** : Akımı veya gerilimi ayar etmek için kullanılan eleman.

**distosiyon** : Bozulma, bir dalga biçiminde oluşan istenmeyen durum.

**diyod** : P ve N tipi yarı iletkenlerden oluşan elektronik devre elemanı.

**doğrultmaç** : Alternatif gerilimi doğru gerilime çeviren devre.

**dönüştürme oranı** : Transformatörde giriş ile çıkış arasındaki orantı.

### E

**EHT diyod** : Yüksek gerilim diyodu.

**elektron** : En küçük elektrik yükü taşıyabilen tanecik.

**emiter** : Transistörün doğru polarma gerilimi altında çalışabilen bölgesi.

**empedans** : Bobinin alternatif akıma gösterdiği direnç.

### F

**ferit çubuk** : Demir tozundan imal edilen çubuk.

**foto diyod** : Işık etkisi ile ilettime geçen diyod.

### G

**gerilim çoklayıcı** : Gerilim artırıcı devre.

**gerilim seti** : Yarı iletken elektronik devre elemanlarında birleşme yüzeyinde meydana gelen kapasite etkisi.

**gunn diyod** : Periyodik olarak iletim ve yalıtıma geçen diyod.

## H

**HI-FI** : Sesin özelliğini koruyan ses frekans yükselteç devresi.  
**hoparlör** : Elektriği sese çeviren cihaz.

## I-İ

**iletken** : Elektriği ileten maddeler.  
**impatt diyod** : P+ ve N+ kristalleri ile oluşturulmuş diyod.

## K

**kapasite** : Depo edilen enerji miktarı.  
**katot** : Diyodun doğru polarmasında ( - ) kutbun bağlandığı uç.  
**kolektör** : Transistörün ters polarma gerilimi altında çalışabilen bölgesi.  
**kondansatör** : Elektrik enerjisini depo eden elektrik devre elemanı.  
**kovalent bağ** : Atomda elektron çiftleri arasındaki bağ.  
**köprü diyod** : Dört adet diyodun uygun şekilde bağlanması ile elde edilen devre elemanı.  
**kristal diyod** : P-N birleşmeli doğru polarmada iletken ters polarmada yalıtkan olan devre elemanı.  
**kuplaj** : Bağlantı.  
**kütle numarası** : Proton ve nötron sayılarının toplamı.

## L

**LDR** : Işık etkili direnç.  
**LED** : Işık yayan diyod.  
**lineer** : Doğrusal.

## M

**multivibratör** : Konum değiştiren, elektriksel titreşim üreten.  
**mikrodalga diyod** : Yüksek frekanslarda çalışan diyod.  
**mikrofon** : Sesi elektriğe çeviren cihaz.

## N

**nötron** : Yüksüz parçacık.  
**NTC** : Değeri ısı ile ters orantılı olarak değişen direnç.  
**nüve** : Manyetik akının dolaştığı yüzey.

## O

**osilatör** : İstenilen frekansta ve genlikte sinyal üreten devre.  
**osiloskop** : Elektriksel sinyalleri (gerilim, frekans, akım, faz farkı) ekranda ışıklı çizgiler olarak gösteren ölçü aleti.

## P

**piezoelektrik** : Kristal halindeki cisimlere bir basınç uygulandığında kristalin yüzeyleri arasında medana gelen AC gerilim.  
**PİN diyod** : P ve N bölgesi arasında iyonlaşmanın olmadığı I bölgesi bulunan diyod.  
**polarite** : Uç işareti.  
**polarmalandırma** : Polarma kazandırma.  
**potansiyometre** : Gerilim kontrolü yapan ayarlı direnç.  
**preamplifikatör** : Ön yükselteç.  
**primer** : Birincil.

**proton** : ( + ) yüklü parçacık.

**PTC** : Değeri ısı ile doğru orantılı olarak değişen direnç.

**push-pull** : İt - çek.

## R

**regüle** : Düzenleme , sabitleme.

**reosta** : Akım ayarı amacı ile kullanılan ayarlı direnç.

## S-Ş

**sekonder** : İkincil.

**shockley diyod** : PNP yüzey birleşimli diyod.

**spir** : Sarım.

**şarj** : Doldurma.

## T

**termistör** : Sıcaklık ile değeri değişen direnç.

**ters polarma** : Besleme kaynağının pozitif ucunun, N tipi maddeye; negatif ucunun, P tipi maddeye bağlanması.

**tolerans** : Hata payı.

**transformatör** : Frekans sabit kalmak üzere akım veya gerilimi düşürmek veya yükseltmek için kullanılan statik elektrik makinesi.

**transistör** : İki P tipi madde arasına N tipi madde veya iki N tipi madde arasına P tipi madde konularak oluşturulan devre elemanı.

**trimer** : Tornavida ile değeri değiştirilebilen ayarlı kondansatör.

**trimpot** : Tornavida ile değeri değiştirilebilen ayarlı direnç.

**tünel diyod** : Ters polarmada içinden büyük akımlar geçirebilen diyod.

## V

**valans yörünge** : Bir atomun elektronlarının bulunduğu en dış yörüngesi.

**valans elektron** : Atomun son yörüngesindeki elektron.

**varikap diyod** : Ayarlanabilir kapasiteli diyod.

**varyabl kondansatör** : Ayarlı kondansatör.

**VDR** : Gerilim ile ters orantılı olarak değeri değişen direnç.

## Y

**yalıtkan** : Elektrik iletmeyen madde.

**yarı iletken** : Son yörüngesindeki elektron sayısı 4 olan basit madde.

**yükselteç** : Zayıf sinyalleri yükselten elektronik devre.

## Z

**zener diyod** : Sabit çıkış gerilimi veren diyod.

## DİZİN

-A-

Adaptör 103  
Akım kazancı 85  
Aktif devre elemanı 17  
Alfa 85  
Amplifikatör 137  
Ani toparlanmalı diyod 65  
Anot 53  
Atom 44  
Atom numarası 44  
Ayarlanabilir gerilim regülatörü 123  
Ayarlı direnç 23  
Ayarlı kondansatör 36

-B-

Balans kontrolü 149  
Baritt diyod 65  
Beta 85  
Beyz 74  
Birleşik polarma 137  
Bobin 39  
Bobinli filtre devresi 116

-C, Ç-

Çalışma noktası 97  
Çekirdek 44  
Çekirdek tipi nüve 104

-D-

Darlington bağlantı 150  
Deşarj 115  
Dielektrik 29  
Direnç 17  
Diyod 53  
Diyafraim 157  
Doğru polarma 54  
Doğrultma devreleri 110  
Dönüştürme oranı 107

-E-

EHT diyod 69  
Elektron 45  
Emiter 74  
Entegreli regüle devresi 120

-F-

Farad 29  
Ferit çubuk 41  
Filtre devreleri 115  
Foto diyod 61

-G-

Gerilim çoklayıcı 125  
Gerilim seti 77  
Gunn diyod 63  
Güç kaynağı 103

-H-

Hi-fi 150  
Hoparlör 156

-I, İ-

İletken 45  
İmpatt diyod 64

-K-

Kapasite 29  
Katot 53  
Karbon direnç 18  
Kırılma gerilimi 55  
Kollektör 76  
Kondansatör 29  
Kondansatörlü filtre 115  
Kovalent bağ 48

-K-

Köprü diyod 65  
Kristal diyod 56

-L-

LDR 25  
LED 59  
Lineer 24  
Logaritmik 24

-M-

Mantel tipi nüve 104  
Manyetik akı 105  
Manyetik nüve 104  
Mikrodağa diyod 63  
Mikrofon 152

-N-

Negatif gerilim regülatörü 123  
Nötron 44  
NPN tipi transistör 74  
NTC 26  
N tipi yarı iletken 49

-O-

Otomatik polarma 137  
Oyuk 50

-P-

Pasif devre elemanları 17  
Pi tipi filtre 116  
P-I-N diyod 64  
PNP tipi transistör 73  
Polarite 82  
Polarmalandırma 135  
Potansiyometre 24  
Pozitif gerilim regülatörü 120  
Primer sargı 104  
Proton 44  
PTC 26

-P-

P tipi yarı iletken 50  
Push - pull 145

-R-

Regüle devreleri 117  
Reosta 24

-S-

Sabit polarma 135  
Sarı 39  
Sekonder sargı 104  
Seri regüle devresi 118  
Shocley diyod 63  
Spir 39

-Ş-

Şarj 29  
Şönt regüle devresi 120

-T-

Tam dalga doğrultmaç 112  
Tam dalga ikileyici 126  
Termistör 25  
Ters polarma 55  
Tolerans 22  
Ton kontrol 148  
Transistör 73  
Transformatör 103  
Transistörlü yükselteç 135  
Trimpot 23  
Trimer 37  
Tünel diyod 59

-V-

VDR 26  
Valans bantı 47  
Valans elektron 48  
Varistör 26  
Valans elektron 45  
Varikap diyod 62

-V-

Varyabl kondansatör 36  
Volüm kontrolü 147

-Y-

Yalıtkan 46  
Yarı iletken 46  
Yarım dalga doğrultmaç 110  
Yarım dalga ikileyici 125  
Yük doğrusu 90  
Yükselteç 137

-Z-

Zener diyod 57  
Zener gerilimi 55  
Zener diyodlu regüle 117

## KAYNAKÇA

1. Adolph, Norbert - Beckmann, Ernst - Frisch, Herbert - Dieter, Grabnitzki - Jeschke, Roland - Nutsch, Bernd, **Einführung in die elektronik**, Fischer Taschenbuch Verlag GmbH, Frankfurt am Main 1991.
2. AEG - Telefunken , PHILIPS katalogları, İzmir 1990.
3. Baumann, Dieter - Betz, Friedrich - Beuth, Klaus - Glass, Rudolf - Jordan, Peter - Schmitt, Wolfgang - Werner, Herbert - Wunderlin, Alfred, **Fachkenntnisse Elektrotechnik**, Handwerk und Technik, Hamburg 1998.
4. Conrad electronic katalog, Conrad electronic, Hirschau 2000.
5. Görkem, Abdullah, **Elektrik Makinelerinde Bobinaj**, Özkan matbaacılık, Ankara 1998.
6. Limann, Otto, **Elektronik ohne Balast**, Franzis Verlag, München 1991.
7. Müller, Wolfgang, **Elektrotechnik Fachstufe 1 und 2 Energietechnik**, Handwerk und Technik, Hamburg 1995.
8. Peynirci, Refik - Özata, Hikmet, **Temel Elektronik**, Reform matbaası, İzmir 1995.
9. Peynirci, Refik, **Elektronik Ders Notları**, İzmir 1999.
10. RS Compenents katalog, Compenents corby, Northants 2000.
11. Spriger, Professör Dr. Günter, **Fachkunde Elektrotechnik**, Stam GmbH Köln 1990.
12. Willems, Helmuth, **Einführung in die Transistortechnik**, Verlag H.Stam GmbH, Köln 1995.



