

**T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI**

RAYLI SİSTEMLER TEKNOLOJİSİ

ELEKTRONİK DEVRELER VE SİSTEMLER-1

ANKARA 2013

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

İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR	vi
GİRİŞ	1
ÖĞRENME FAALİYETİ-1	3
1. REAKTİF DEVRELER	3
1.1. Reaktans ve Empedans.....	3
1.1.1. Kapasitif ve Endüktif Reaktansın Tanımı.....	3
1.1.2. DC Devrede Direnç, Kondansatör ve Bobin	4
1.1.3. Devrede Zaman İlişkisini Hesaplama	4
1.1.3.1. R-L Seri (İndüktif Özellikli) Devrelerde Zaman Sabitesi	4
1.1.3.2. R-C Seri (Kapasitif Özellikli) Devrelerde Zaman Sabitesi	6
1.1.4. Seri ve Paralel AC Devrelerde Reaktif Değer ve Empedans Değerlerini Belirleme	8
1.1.4.1.2. Seri R - C Devresi	10
1.1.4.1.3. Seri R - L - C Devresi.....	12
1.1.4.2. Paralel Devreler	14
1.1.5. Devre Davranışlarını Analizde j veya i operatörü ile Çalışma	22
1.2. Rezonans Devreleri.....	22
1.2.1. Seri Rezonans	23
1.2.1.1. Seri Rezonansta Akım.....	24
1.2.1.2. Rezonans Frekansının Hesabı	24
1.2.1.3. Seri Rezonansta Gerilimler	24
1.2.1.4. Rezonansta Bobin ve Kondansatörde Depo Edilen Enerjiler.....	26
1.2.1.5. Seçicilik ve Bant Genişliği (BG, band width, BW)	27
1.2.2.1. Paralel R - L - C Devresinde Frekansla Empedans ve Akımın Değişimi (Frekans Cevabı).....	30
1.2.2.2. Rezonansta Paralel R - L - C Devresinin Q Katsayısı.....	30
1.3. Rezonans Devrelerinin Uygulamaları ve Sorun Giderme.....	31
1.3.1. AC ve DC Devrelerde Arıza Teşhisi İçin Gerilim Tahmini	31
1.3.2. Empedans Uygunlaştırma İçin Gerekenler ve Empedans Uygunlaştırma	31
1.3.3. Alçak Geçiren, Yüksek Geçiren, Band Geçiren ve Bant Durduran Güç Kaynağı Filtreleri	32
1.3.3.1. R-C Tipi Düşük Frekanslı Sinyalleri Geçiren Pasif Filtre Devresi ...	32
1.3.3.2. R-C Tipi Yüksek Frekanslı Sinyalleri Geçiren Pasif Filtre Devresi .	33
1.3.3.5. R-L Tipi Yüksek Frekanslı Sinyalleri Geçiren Pasif Filtre Devresi .	34
1.3.4. Belirli Uygulamalar İçin Seri veya Paralel Rezonans Devresinin Özel Çeşitlerini Seçme.....	36
1.3.4.1. Rezonans Filtreleri	36
1.3.4.2. Bant Geçirmeyen Filtreler	38

1.3.5. Transmisyon Hatlarının Rezonans Devreleri ve Frekans Yönlendiriciler ile Bağlantısı	39
1.3.6. Transmisyon Hatlarının Rezonans Devrelerinde Bir Eleman Gibi Kullanılması	39
UYGULAMA FAALİYETİ	41
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	42
ÖĞRENME FAALİYETİ-2	44
2. TEMEL ELEKTRONİK DEVRELER	44
2.1. Doğrultmaçlar ve Güç Kaynakları	44
2.1.1. AC'yi DC'ye Dönüştüren Devreler (Redresörler)	44
2.1.1.1. Bir Diyotlu Yarım Dalga Doğrultmaç Devresi	45
2.1.1.2. Tam Dalga Doğrultma Yapan Devreler	46
2.1.2. Doğrultmaç Devrelerinden Alınan DC'yi Tam Doğru Akım Hâline Getirici Filtreler	47
2.1.2.1. Doğrultmaçlarda Kullanılan Filtre Çeşitleri	47
2.1.3. DC Güç Kaynaklarında Kullanılan Regülatör Devreleri	50
2.1.3.1. Zener Diyotlu Basit Paralel Regülatörler	50
2.1.3.2. Transistör ve Zener Diyotlu Seri Regülatörler	51
2.1.3.3. Transistörlü Paralel (Şönt) Regülatörler	51
2.1.4. Transistörlü Regüleli DC Güç Kaynaklarıyla İlgili Uygulanmış Devreler	51
2.1.4.1. 12 V Sabit Çıkışlı Seri Regüleli Güç Kaynağı Devresi	51
2.1.4.2. 0-12 V Ayarlı Çıkışlı Darlington Bağlantılı DC Güç Kaynağı	52
2.1.5. Entegre Gerilim Regülatörleri	52
2.1.5.1. Pozitif Çıkışlı Gerilim Regülatörleri	53
2.1.5.3. Kademeli Çıkış Veren Regülatör Entegreli Devreler	54
2.1.5.4. Ayarlı Çıkış Veren Regülatör Entegreli Devreler	54
2.1.6. Gerilim Katlayıcılar (Çoklayıcılar)	55
2.1.6.1. Tam Dalga Gerilim İkileyciler	55
2.1.6.2. Gerilim Üçleyiciler	56
2.1.6.3. Gerilim n'leyiciler	57
2.2. Amplifikatörler (Yükselteçler)	57
2.2.1. Yükselteçlerde Çalışma Sınıfları	57
2.2.2. Bir Amplifikatör Devresinin dB Kazancının Hesabı	58
2.2.3. Transistörlü Yükselteçlerde DC ile Polarma Yöntemleri	59
2.2.3.1. Basit (Sabit Seri) Polarma	60
2.2.3.2. Transistörün Emiter Ayağına Direnç ve Kondansatör Bağlı Basit Polarma (Emiteri Dengelenmiş Polarma)	61
2.2.3.3. Otomatik (Geri Beslemeli) Polarma	61
2.2.3.4. İdeal (Tam Kararlı, Birleşik) Polarma	62

2.2.4. Transistörlü Yükselteçlerin Bağlantı Şekillerine Göre Sınıflandırılması	62
2.2.4.1. Ortak Emiterli (CE Tipi) Yükselteçler	63
2.2.4.2. Ortak Beyzli (CB Tipi) Yükselteçler	63
2.2.4.3. Ortak Kolektörlü (CC Tipi) Yükselteçler.....	64
2.2.5. Yükselteçleri Olumsuz Etkileyen Gürültü Kaynakları	65
2.2.6. Yükselteç Arızaları	66
2.3. Osilatörler	67
2.3.1. LC Osilatörleri.....	67
2.3.1.1. Volan Etkisi ve Hazırlanması.....	68
2.3.1.2. Colpitts Osilatör	68
2.3.1.3. Hartley Osilatör	69
2.3.1.4. Amstrong Osilatör	71
2.3.1.5. Kristal Osilatörler	72
2.3.2. RC Osilatörler.....	76
2.3.2.1. Transistörlü Faz Kaymalı RC Osilatör.....	77
2.3.3. Frekans Birleştiricinin (Frekans Sentezleyici) Çalışması	80
2.4. Modülasyon.....	81
2.4.1. Modülasyon Çeşitleri.....	82
2.4.1.1. Genlik Modülasyonu	82
2.4.1.2. Frekans Modülasyonu	85
2.4.1.3. Faz ve Pals Modülasyonu.....	87
2.4.2. Demodülasyon	90
2.4.3. Faz Kilitlemeli Çevrimin (PLL) Çalışma Tarzı ve Uygulamaları	92
2.4.3.1. PLL'nin Temel Çalışma Esasları	93
2.4.3.2. PLL'nin Çalışma Durumları.....	93
2.4.3.3. Kilitleme veya İzleme	93
2.5. Anahtarlama Devreleri	94
2.5.1. Lojik Kapı Entegrelerinin Yapıldığı Malzemeye Göre Sınıflandırılması.....	94
2.5.1.1. RDL (Direnç-Diyot Mantiği)	94
2.5.1.2. RTL (Direnç-Transistör Mantiği).....	94
2.5.1.3. DTL (Diyot - Transistör Mantiği)	95
2.5.1.4. HTL (Yüksek Eşikli lojik, Yüksek Gürültü Bağışıklığına Sahip lojik)	96
2.5.1.5. TTL (Transistör-Transistör Mantiği)	96
2.5.1.6. ECL (Emiter Kuplâjlı Mantık)	96
2.5.1.7. CMOS (Tamamlamalı Metal Oksit Yarı İletken Mantiği).....	97

2.5.1.8. I ² L (Entegre Enjeksiyonlu Mantık)	98
2.5.2. Multivibratörler	98
2.5.2.1. Kararsız (Serbest Çalışan) Multivibratör	99
2.5.2.2. Kararlı (Stable) Multivibratörler	100
2.5.3. Çeşitli Multivibratör Devresi Örnekleri.....	101
2.5.3.1. NAND Kapılı Kararsız Multivibratör	101
2.5.3.2. 555 Entegreli Multivibratörler 555 Entegresinin Bazı Özellikleri ..	101
2.5.4. Bellek Uygulamaları.....	104
2.5.4.1. Bellek Devrelerinde Adı Geçen Temel Kavramlar	104
2.5.4.2. Yarı iletken Bellek Elemanlarının Yapısı	108
2.5.4.3. Statik RAM Elemanları	108
2.5.4.4. Dinamik RAM'ler	108
2.6. Kapı ve Sayıcı Devreler	108
2.6.1. Toplayıcı Çıkarıcı ve Karşılaştırıcılar.....	108
2.6.1.1. Toplayıcı Devreler.....	108
2.6.1.2. Tam Toplayıcı	109
2.6.1.3. Paralel Toplayıcı	109
2.6.2. Çıkarıcı Devreler	110
2.6.2.1. Yarım Çıkarıcı.....	110
2.6.2.2. Tam Çıkarıcı.....	111
2.6.3. Karşılaştırıcılar (Comparator).....	111
2.6.3.1. İki Bitlik Karşılaştırıcı.....	111
2.6.3.2. Dört Bitlik Karşılaştırıcı.....	111
2.6.4. Sayıcı Uygulamaları ve Sayıcı Modunu Belirleme	112
2.6.5. BCD Sayıcılar	113
UYGULAMA FAALİYETİ	116
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	117
ÖĞRENME FAALİYETİ-3	119
3. PALS DEVRELERİ	119
3.1. Pals Teknikleri	119
3.1.1. Palsin Tanımı	120
3.1.2. Yükselme Zamanı	120
3.1.3. Devam Süresi.....	121
3.1.4. Düşme Zamanı.....	121
3.1.5. Pals Peryodu	121
3.1.6. Tekrarlama Derecesi.....	122
3.1.7. Pals Şeklinin Önemi	122
3.1.8. Devrelerin Pals Parametrelerine Etkileri	123
3.1.9. Pals Distorsiyonu	123

3.2. Pals Devreleri Çeşitleri	124
3.2.1. Diferansiyel Devreleri	124
3.2.2. İntegral Devreleri.....	126
3.2.3. Kilitleme Devreleri	127
3.2.4. Kırpıcı Devreler.....	130
3.2.5. Miller Devreleri	131
3.2.6. Boot Strobe Devreleri	134
3.2.7. Schmitt Trigger Devreleri.....	135
3.2.7.1. OP-AMP 'lı Schmitt Trigger Devreleri	138
3.3. Zamanlama ve Zamanlayıcı Uygulamaları	140
3.3.1. 5555 Zamanlayıcı Entegresi	140
3.3.1.1. 555 Zamanlayıcı Entegresi.....	140
3.3.1.2. 555 Zamanlayıcı Entegresi Özellikleri.....	141
3.3.1.3. Çalışması	141
3.3.1.4. Bacak Fonksiyonları.....	142
3.4. Osilatörlerde Frekansın Sabit Tutulması.....	142
3.5. Pals Devre Uygulamaları	144
3.5.1. Op-Amplı Sinyal Jeneratörü Devresi (Kare, üçgen ve Sinüsoidal)	144
3.5.2. Op-amplı Sinyal Jeneratörü Devresi (Kare ve Üçgen)	145
3.5.3. Kristalli Osilatör Devresi.....	145
3.5.4. Gerilim Kontrollü (VCO) Osilatör Devresi	146
3.5.5. Kare Üçgen ve Sinüsoidal Biçimli Sinyaller Üreten Osilatör Devresi	147
3.5.6. Kare ve Üçgen Biçimli Sinyaller Üreten Osilatör Devresi.....	147
3.6. Pals Devrelerinde Arıza Giderme	148
3.6.1. Arızanın Tanımı.....	148
3.6.2. Arızanın Giderilmesi	148
3.6.2.1. Statik (Sabit) Arızalar.....	148
3.6.2.2. Dinamik (Geçici) Arızalar.....	148
3.6.3. Statik Arızaların Giderilmesi	148
3.6.4. Dinamik Arızaların Giderilmesi	149
3.6.5. Arıza Sebebini Bulma.....	149
3.6.6. Arızaya Yol açan Bazı Etkenler	149
UYGULAMA FAALİYETİ	150
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	151
MODÜL DEĞERLENDİRME	153
CEVAP ANAHTARLARI.....	156
KAYNAKÇA	158

AÇIKLAMALAR

ALAN	Elektrik Elektronik Teknolojisi
DAL/MESLEK	Endüstriyel Bakım Onarım
MODÜLÜN ADI	Elektronik Devreler ve Sistemler-1
MODÜLÜN TANIMI	Elektronik devreler ve sistemlerle ilgili temel bilgi ve becerilerin kazandırıldığı öğrenme materyalidir.
SÜRE	40/32
ÖN KOŞUL	Analog devre elemanları modülünden başarılı olmak.
YETERLİK	Elektronik devreleri ve sistemleri verimli olarak kullanmak, arızalarını gidermek.
MODÜLÜN AMACI	Genel Amaç Gerekli ortam sağlandığında, elektronik sistemleri verimli olarak kullanabilecek, arızalarını giderebileceksiniz. Amaçlar Gerekli ortam sağlandığında: <ol style="list-style-type: none">1. Reaktif devreleri verimli olarak kullanabilecek, arızalarını giderebileceksiniz.2. Temel elektronik devreler verimli olarak kullanabilecek, arızalarını giderebileceksiniz.3. Pals devreleri verimli olarak kullanabilecek, arızalarını giderebileceksiniz.
EĞİTİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI	Atölye ve laboratuvar ortamı, analog avometre, dijital avometre, osilaskop, sinyal jeneratörü, frekansmetre, ayarlı DC güç kaynağı, lehim makinesi, lehim teli, lehim pastası, pense, kargaburnu, anahtar takımı, tornavida takımı
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	Her faaliyet sonrasında o faaliyetle ilgili değerlendirme soruları ile kendi kendinizi değerlendireceksiniz. Öğretmen modül sonunda size ölçme aracı (uygulama, soru-cevap) uygulayarak modül uygulamaları ile kazandığınız bilgi ve becerileri ölçerek değerlendirecektir.

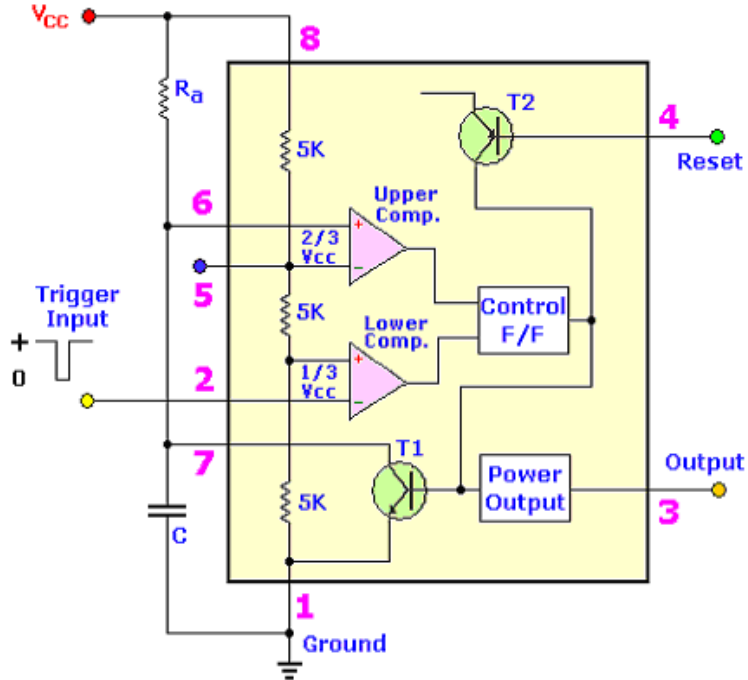
GİRİŞ

Sevgili Öğrenci,

Elektrik Elektronik alanında teknolojik gelişmeler çok hızlı olmakta, her geçen gün yeni bir elektronik cihazla karşılaşmaktayız. Elektronik cihazlar hayatımızın her alanında işlerimizi kolaylaştıran, yaşam kalitemizi yükselten vazgeçemeyeceğimiz bir yardımcı durumundadır. Özellikle endüstride verimliliğin ve kalitenin artması, tamamen bu alanda kullanılan elektronik cihazlar sayesinde olmuştur. Bu sebeple de elektronik cihazların kullanılması, tamir ve bakımı ile ilgili meslekler her zaman için en gözde meslekler arasındadır.

Bu modülde, elektronik cihazların yapımında kullanılan reaktif devreler, temel elektronik devreleri ve pals devreleri anlatılmıştır. Bu modülü başarı ile tamamladığınızda elektronik devreler ve sistemleri hakkında temel bilgileri edinmiş olacaksınız.

Her ne kadar elektronik alanında çok hızlı teknolojik gelişmeler yaşansa bile temel yaklaşımlar değişmemektedir. Elektronik devreleri ve sistemleri tanımak, kullanımını ve arızalarını giderebilmek sizin için geniş iş imkânları sağlayacaktır.



ÖĞRENME FAALİYETİ-1

AMAÇ

Reaktif devreleri kullanacak ve arızalarını giderebileceksiniz.

ARAŞTIRMA

Bu faaliyet öncesinde yapmanız gereken öncelikli araştırmalar şunlardır:
AC ve DC devrelerde bobin, kondansatör ve dirençlerin nasıl davrandıkları hakkında bilgi edininiz.

Rezonans devreleri hakkında bilgi toplayınız.

Empedans uygunlaştırma işlemi hakkında bilgi edininiz.

Araştırma işlemleri için internet ortamında araştırma yapıp genel elektronik ve elektroteknik kitaplarından faydalanabilirsiniz.

1. REAKTİF DEVRELER

1.1. Reaktans ve Empedans

1.1.1. Kapasitif ve Endüktif Reaktansın Tanımı

Bobinler ve kondansatörler kaynak durumundaki AC üreticinin frekansına göre değişen bir direnç (zorluk) gösterirler. Bu zorluğa reaktans denir.

Bir kondansatörün alternatif akıma karşı gösterdiği dirence kapasitif reaktans denir. X_C ile gösterilir ve birimi Ω^{-1} dur.



Şekil 1.1: Kapasitif devre

Bir bobinin alternatif akıma karşı gösterdiği dirence endüktif reaktans denir. X_L ile gösterilir ve birimi Ω dur.



Şekil 1.2: Endüktif devre

1.1.2. DC Devrede Direnç, Kondansatör ve Bobin

Bir elektrik devresine gerilim uygulandığında, alıcıdan akım geçmektedir. Geçen akımı sınırlayan etken ise alıcının direncidir. Bu yaklaşıma göre, elektrik akımının geçişine karşı zorluk gösteren elemanlara direnç denir. Elektrik enerjisi direnç üzerinde ısıya dönüşür.

Direncin sembolü R ya da r, denklemi, $R = V/I$, birimi ise Ω (ohm)'dur.

Dirençlerin görevleri şunlardır:

- Devreden geçen akımı sınırlayarak aynı değerde tutmak.
- Devrenin besleme gerilimini bölerek, yani küçülterek başka elemanların çalışmasına yardımcı olmak.
- Düşük akımla çalışan devre elemanlarının aşırı akıma karşı korunmasını sağlamak.
- Yük (alıcı) görevi yapmak.
- Isı enerjisi üretmek.

Frekansız olmayan sinyaller doğru akımdır. Dolayısıyla bobin DC devrelerde kısa devre özelliği gösterir. Kondansatör ise DC devrede açık devre özelliği gösterir, yani DC akımın geçmesine izin vermez.

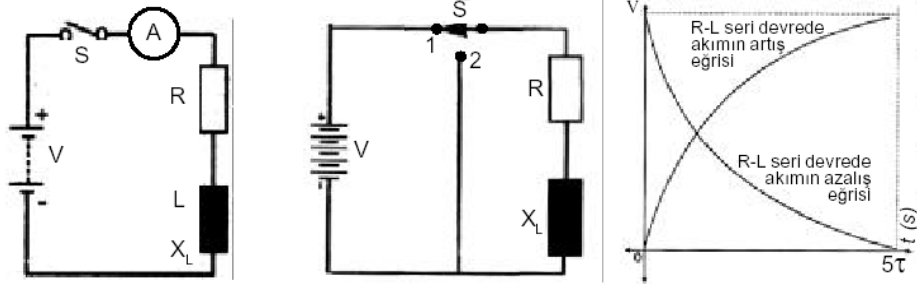
Bir bobin ya da kondansatöre gerilim uygulandığı ya da uygulanmış olan gerilim kesildiği zaman devrenin akımında hemen yükselme veya düşme olmaz. Akımın kararlı (sabit) hâle gelmesi belli bir zaman sonra olur. Geçici rejim adı verilen bu olay doğrusal değil logaritmik (eğrisel) özellik taşır.

Başka bir deyişle, üzerinden 3 A geçirebilen bir bobine akım uygulanır uygulanmaz bu elemandan geçen akım anında 3 A olamaz. Bobinin etrafında bulunan manyetik alan geçen akıma ters yönde bir kuvvet oluşturduğundan 3 A düzeyine belli bir süre sonra erişilir. Akımın 0 A'den 3 A'e ulaşması için geçen süre bobinin indüktans (L) değerine bağlı olarak değişim gösterir.

1.1.3. Devrede Zaman İlişisini Hesaplama

1.1.3.1. R-L Seri (İndüktif Özellikli) Devrelerde Zaman Sabitesi

Omik direnç (R) ile indüktif direnç (XL) Şekil 1.3'te görüldüğü gibi seri bağlanıp akım uygulanırsa, devreye seri bağlı olan ampermetrenin ibresinin aniden maksimum değere çıkmadığı görülür. Bunun sebebi, bobinin oluşturduğu manyetik alanın üreteçten gelen akımın artışına karşı koymasındır.



Şekil 1.3: Seri R-C devresi ve R-L seri devreye uygulanan DC akımın "artış" ve "azalış" eğrileri

R ve L ile oluşturulan seri bir devreden geçen akımın, $5.t$ zaman sonra maksimum değere ulaştığı, hassas deneyler sonucunda anlaşılmıştır.

Buna göre, R-L seri bağlı devrelerin zaman sabitesi $t=L/R$ ile bulunabilir.

Örnek 1: 2 ohm'luk direnç ile 0,2 henry'lik bobin seri bağlanmıştır. Devrenin zaman sabitesini bulunuz?

Çözüm 1: $t=L/R = 0,2/2 = 0,1$ saniye

Not: Her bobinin mutlaka bir miktar omik direnci vardır. Omik direnci hiç olmayan bobine ideal bobin denir. Gerçekte ideal bobin yoktur. İdeale yakın bobin vardır.

R-L seri bağlı devreden geçen akımın zamana göre değişim grafiği çizilecek olursa Şekil 1.3 'te verilen logaritmik eğriler bulunur.

Şekil 1.3'teki logaritmik eğrilerden yararlanılarak e tabanlı logaritmik denklem bulunmuştur. Uzun hesaplamalar gerektiren e tabanlı denklemin nasıl çıktığı üzerinde durulmadan hesaplamalarda kullanılan formül doğrudan verilecektir.

Şarj anında akımın anî değeri:

$$i = V/R.(1-e^{-(R/L).t}) \text{ ya da, } i = V/R.[1-1/e^{(R/L).t}]$$

Verilen denklemde:

i: Anahtar kapatıldıktan sonra akımın maksimum değerine ulaşmadan önce herhangi bir t anındaki ani değeri,

V: Devreye uygulanan gerilim,

R: Devredeki direncin değeri,

L: Bobinin indüktansı (henry),

e: Neper logaritma tabanı (2,71828)

Deşarj anında akımın ani değeri:

$$i = V/R.(e^{-(R/L).t}) \text{ ya da } i = V/R(1/e^{(R/L).t})$$

Örnek 2: Şekil 1.3' te verilen devrede $R = 2 \text{ W}$, $L = 4 \text{ H}$, $V = 20 \text{ V}$ olduğuna göre, R-L seri devrede anahtar kapatıldıktan 2 s sonra akımın ani değeri nedir? Heaplayınız.

Çözüm 2: Devreden geçebilecek doğru akımın maksimum değeri, $I_{\text{maks}} = V/R = 20/2=10 \text{ A}$

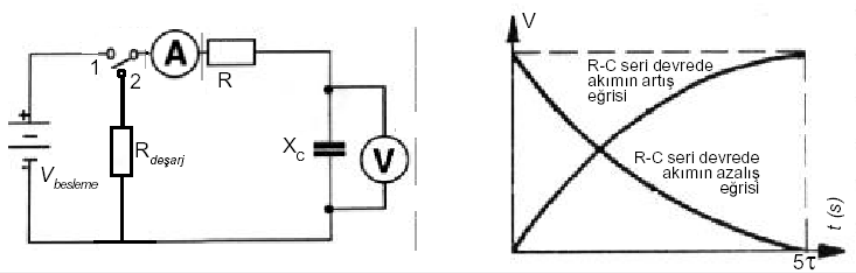
DC uygulandıktan 2 s sonra devreden geçen akımın ani değeri,

$$i = V/R \cdot (1 - e^{-(R/L)t}) = 20/2(1 - e^{-(2/4) \cdot 2}) = 10 \cdot (1 - e^{-1}) = 10 \cdot (1 - 1/2,7181)$$
$$i = 10 - 10/2,718 = 6,32 \text{ A}$$

Örnek 3: Şekil 1.3' te verilen devrede akım maksimum değerde akarken S anahtarı 2 konumuna alındıktan 2 saniye sonra hangi değere düşer?

Çözüm 3: $i = V/R \cdot (e^{-(R/L)t}) = 10 \cdot 1/e^{(R/L)t} = 10/2,718 = 3,68 \text{ A}$

1.1.3.2. R-C Seri (Kapasitif Özellikli) Devrelerde Zaman Sabitesi



Şekil 1.4: R-C seri devre ve R-C seri devreye uygulanan DC akımın "artış" ve "azalış" eğrileri

Kondansatörün her iki levhasında eşit derecede elektron bulunduğu zaman eleman boş olarak nitelenir. Kondansatörün dolması demek, iki levhadan birinin (+), diğerinin (-) yük ile yüklenmesidir.

Kondansatör bir R direnci üzerinden şarj olurken, uçlarındaki gerilimin, U besleme geriliminin% 63,2'sine çıkması için geçen zamana **bir zaman sabitesi** denir. Başka bir deyişle, dolu bir kondansatörün uçları arasındaki gerilimin, boşalma esnasında ilk gerilim değerinin % 36,8' ine düşmesi için geçen zamana bir zaman sabitesi adı verilir.

Kondansatörler bir DC kaynağına bağlandığında ampermetrenin ibresi önce yüksek bir değer gösterir ve daha sonra 0 A değerine doğru iner.

Şekil 1.4'te verilen devrede anahtar 2 konumuna alınırsa deşarj işlemi başlayacağından ampermetre ters yönde yüksek bir akım değeri gösterir, daha sonra ibre sıfır değerine doğru düşer.

Yapılan bu deneylerin elektriksel grafikleri çizilecek olursa şekil 2.4' teki logaritmik özellikli eğriler bulunur. Eğrilerden çıkarılan denklemlere göre kondansatörler $5t$ (τ)'luk zaman aralığında dolar ya da boşalır. Omik direnci hiç olmayan bir kondansatör, ideal kondansatör olarak adlandırılır. Ancak gerçekte ideal kondansatör yoktur, ideale yakın kondansatör vardır. Çünkü, şarj olurken akıma karşı hiç direnç göstermeyen kondansatör yapılamamıştır. Yani, kondansatörün bağlantı ayaklarının ve plakaların yapıldığı metalin belli bir omik direnci söz konusudur.

Herhangi bir kondansatör tek başına üretece bağlandığı anda hemen dolmaz. Dolma işlemi belli bir süre alır. Bu süre çok kısa olduğu için ihmal edilebilir.

Kondansatör Şekil 1.4' te görüldüğü gibi bir direnç üzerinden devreye bağlandığında zaman sabitesi denklemi: $t = R.C$ şeklinde bulunur.

Kondansatör şarj olurken geriliminin belirli bir sürede yükseldiğini, deşarj olurken yine belirli bir sürede yüksüz hâle döndüğünü belirtmiştik. Bu yaklaşım ışığında yapılan deneylerde bulunan **doluluk** oranları şu şekilde olmaktadır:

τ (zaman sabitesi)	I (şarj akımı)	V (şarj gerilimi)
1 τ sonra	% 36,8	% 63,2
2 τ sonra	% 13,5	% 86,5
3 τ sonra	% 4,98	% 95,02
4 τ sonra	% 1,83	% 98,17
5 τ sonra	% 0,67	% 99,33

Örnek 4: Şekil 1.4 'te verilen devrede 1000 mF'lık kondansatör, 10 k Ω 'luk direnç üzerinden şarj olmaktadır. **a.** Kondansatörün zaman sabitesini, **b.** Kondansatörün tam olarak dolması için geçen zamanı bulunuz.

Çözüm 4: **a.** $t = R.C = 10000.0,001 = 10$ s **b.** Kondansatörün dolma zamanı = $5.t = 50$ s

Kondansatörün plakalarında biriken enerjinin gerilim ve akım değerinin herhangi bir andaki seviyesini bulmada kullanılan denklemler:

Şarj anında akımın ve gerilimin ani değerleri:

$$v_c = V.(1 - e^{-t/R.C})$$

$$i_c = V/R.(e^{-t/R.C})$$

Örnek5: Değeri 2 M Ω olan bir direnç ile kapasite değeri 2 mF olan bir kondansatör seri bağlanmışve sisteme 200 V uygulanmıştır. Buna göre anahtar kapandıktan 2 s sonra kondansatör uçlarındaki gerilim kaç volt olur? Bulunuz.

Çözüm5:

$$V_c = V \cdot (1 - e^{-t/R.C}) = 200 \cdot (1 - e^{-2/2.2}) = 200 \cdot (1 - e^{-1/2}) = 200 \cdot [1 - (1/e^{1/2})] = 200 \cdot [1 - (1/\sqrt{e})] = 78,6 \text{ V}$$

Deşarj anında akımın ve gerilimin ani değerleri:

$$v_c = V \cdot (e^{-t/R.C}) \text{ ve } i_c = -V/R \cdot (e^{-t/R.C})$$

Örnek 6: Kapasite değeri 1 mF olan bir kondansatöre 250 V uygulanarak şarj işlemi yapılmıştır. Ardından üreteç sistemin dışına çıkarılarak kondansatör uçlarına 1 MΩ'lık direnç paralel olarak bağlanmıştır. Buna göre deşarj işlemi başladıktan 2 s sonra kondansatör uçlarındaki gerilim kaç volta iner? Bulunuz.

$$\text{Çözüm 6 : } v_c = V \cdot (e^{-t/R.C}) = 250 \cdot (e^{-1/1.1}) = 250 \cdot e^{-1} = 250 \cdot (1/2,718) = 92 \text{ V}$$

1.1.4. Seri ve Paralel AC Devrelerde Reaktif Değer ve Empedans Değerlerini Belirleme

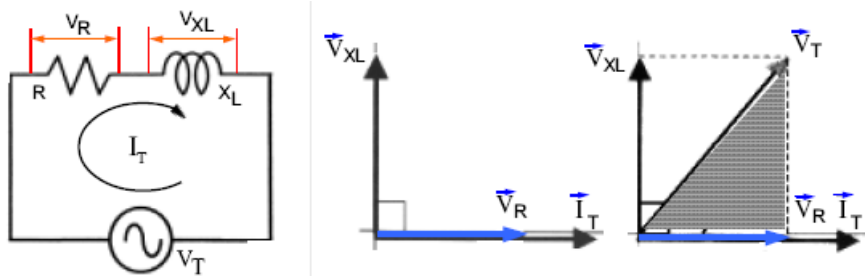
Elektrik alıcıları akıma gösterdikleri tepki bakımından üç ayrı özelliindedir. Bunlar omik, indüktif ve kapasitif alıcılardır. AC ile beslenen devrelerde omik dirençler tek başına olabileceği gibi direnç ile bobin, direnç ile kondansatör ya da direnç, bobin, kondansatörden de oluşabilir. Örneğin AC ile çalışacak şekilde üretilmiş motor uygulanan gerilime hem omik direnç hem de indüktif reaktans gösterir. Alıcının AA kaynağa gösterdiği zorluk birden fazla olduğu zaman bileşke zorluk (eş değer zorluk, empedans) kavramı karşımıza çıkar. Empedans Z ile gösterilir. Birimi Ω 'dur.

Bir R - L, R - C ya da R - L - C devresinde gerilim ve akım biliniyorsa empedans, $Z = V / I$ denklemiyle hesaplanabilir.

1.1.4.1. Seri Bağlı Devreler

1.1.4.1.1. Seri R-L Devresi

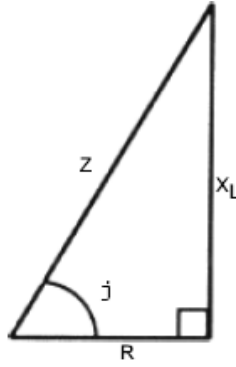
Şekilde görülen R-L devresine AC bir gerilim uygulandığında empedans, akım, gerilim vb. gibi değerlerin hesaplanmasında Pisagor teoremi kullanılır.



Şekil 1.5: R - L seri devresi ve R - L seri devrenin vektör diyagramı

Seri R-L devresinde: $Z^2 = R^2 + X_L^2$ formülü ile empedans, $V_T^2 = V_R^2 + V_{XL}^2$ formülü ile de gerilim bulunur.

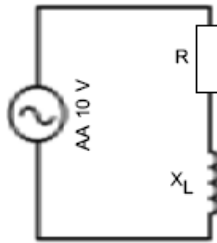
R - L seri devrede omik dirençten geçen akım ile bu eleman üzerinde düşen gerilim arasında faz farkı yoktur. Bobinden geçen akım ile bu eleman üzerinde düşen gerilim ise 90° faz farklıdır. Böyle bir devrenin vektör diyagramı çizilirken seri devrede akım ortak değişken olduğundan “x” eksenini (yatay eksen) üzerinde akımın vektörü çizilir. Daha sonra direnç üzerinde düşen gerilimin vektörü akımla aynı fazlı, bobin üzerinde düşen gerilimin vektörü ise 90° ileri fazlı olarak çizilir.



Şekil 1.6: R-L seri devresinde empedans üçgeni

Devredeki faz farkı ise $\cos j = V_R / V_T$ veya $\cos j = R / Z$ formülü ile bulunur.

Örnek 7: Direnci 10Ω , indüktansı 20 mH ($0,02 \text{ H}$) olan bobinin uçlarına frekansı 50 Hz olan AA 12 V uygulanmıştır. Buna göre,



Şekil 1.7: R-L seri devresi (örnek 7)

- Bobinin (R - L seri devrenin) empedansını (Z),
- Bobinden geçen akımı (I),
- Direnç üzerinde düşen gerilimi (V_R) bulunuz.
- Bobin üzerinde düşen gerilimi (V_{XL}) bulunuz.
- Devreden geçen akım ile gerilim arasındaki faz farkını (güç katsayısını) bulunuz.
- Devrenin vektör diyagramını çiziniz.

a. $X_L = 2 \cdot 3,14 \cdot f \cdot L$ $X_L = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 0,02$ $X_L = 6,28 \Omega$

$$Z^2 = R^2 + X_L^2 \quad Z^2 = 10^2 + 6,28^2 \quad Z = 11,8 \, \Omega$$

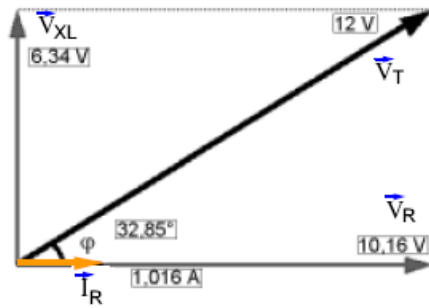
b. $I_T = V_T / Z \quad I_T = 12 / 11,8 \quad I_T = 1,016 \, A$

c. $V_R = I \cdot R \quad V_R = 1,016 \cdot 10 \quad V_R = 10,16 \, V$

ç. $V_{XL} = I \cdot X_L \quad V_{XL} = 1,01 \cdot 6,28 \quad V_{XL} = 6,34 \, V$

d. $\cos \phi = R / Z \quad \cos \phi = 0,84 \quad \phi = 32,85^\circ$ Devrenin gerilimi akımdan $32,85^\circ$ ileridedir.

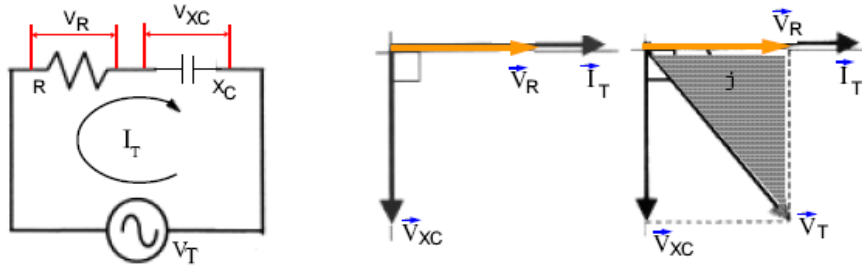
e. Devrenin vektör diyagramı şekilde görüldüğü gibidir.



Şekil 1.8: R - L seri devresi (örnek 1) vektör diyagramı

1.1.4.1.2. Seri R - C Devresi

Seri R - C devresinin hesaplamaları tıpkı seri R - L devresinde olduğu gibidir. Tek fark vektör diyagramındadır. Başka bir deyişle seri R - C devresinde kondansatör üzerinde düşen gerilim akımdan 90° geridedir.

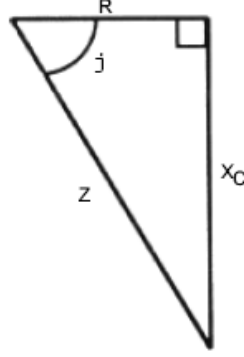


Şekil 1.9: R - C seri devre ve R - C seri devrenin vektör diyagramı

Seri R-C devresinde: $Z^2 = R^2 + X_C^2$ formülü ile empedans, $V_T^2 = V_R^2 + V_{XC}^2$ formülü ile de gerilim bulunur.

R - C seri devrede dirençten geçen akım ile bu eleman üzerinde düşen gerilim arasında faz farkı yoktur. Kondansatörden geçen akım ile bu eleman üzerinde düşen gerilim ise 90°

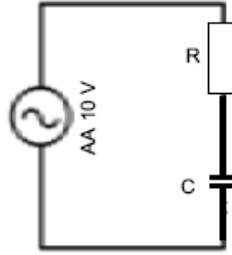
faz farklıdır. Böyle bir devrenin vektör diyagramı çizilirken seri devrede akım ortak değişken olduğundan “x” eksenini (yatay eksen) üzerinde akımın vektörü çizilir. Daha sonra direnç üzerinde düşen gerilimin vektörü akımla aynı fazlı, kondansatör üzerinde düşen gerilimin vektörü ise 90° geri fazlı olarak çizilir.



Şekil 1.10: R – C seri devresinde empedans üçgeni

Devredeki faz farkı ise $\cos j = V_R / V_T$ veya $\cos j = R / Z$ formülü ile bulunur.

Örnek 8: Direnci 10Ω , kapasitesi $220 \mu F$ olan kondansatörün uçlarına frekansı 50 Hz olan AA 12 V uygulanmıştır. Buna göre,



Şekil 1.11: R – C seri devresi (örnek 8)

- Kondansatörün indüktif reaktansını (X_C),
- R - C seri devrenin empedansını (Z),
- R - C seri devreden geçen akımı (I_T),
- Direnç üzerinde düşen gerilimi (V_R),
- Kondansatör üzerinde düşen gerilimi (V_{X_C}),
- Devreden geçen akım ile gerilim arasındaki faz farkını (güç kat sayısını) bulunuz.
- Devrenin vektör diyagramını çiziniz.

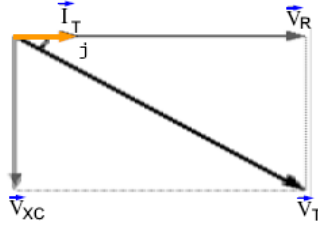
$$\begin{array}{lll} \text{a. } X_C = 1 / (2 \cdot 3,14 \cdot f \cdot C) & X_C = 1 / (2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 220 \cdot 10^{-6}) & X_C = 14,47 \Omega \\ Z^2 = R^2 + X_C^2 & Z^2 = 10^2 + 14,47^2 & Z = 17,58 \Omega \end{array}$$

$$\text{b. } I_T = V_T / Z \quad I_T = 12 / 17,58 \quad I_T = 0,68 \text{ A}$$

c. $V_R = I \cdot R$ $V_R = 0,68 \cdot 10$ $V_R = 6,8 \text{ V}$
ç. $V_{XC} = I \cdot X_C$ $V_{XC} = 0,68 \cdot 17,58$ $V_{XC} = 11,95 \text{ V}$

d. $\cos j = R / Z$ $\cos j = 0,56$ $j = 55,94^\circ$ Devrenin gerilimi akımdan $55,94^\circ$ geridedir.

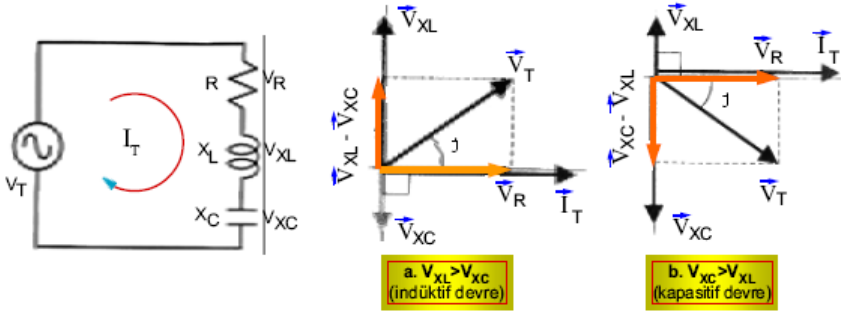
e. Devrenin vektör diyagramı şekilde görüldüğü gibidir:



Şekil 1.12: R - L seri devresi (örnek 8) vektör diyagramı

1.1.4.1.3. Seri R - L - C Devresi

Direnç, bobin ve kondansatörden oluşan bağlantıda bobinin indüktif reaktansı ile kondansatörün kapasitif reaktansından hangisi büyükse devrenin özelliği ona göre karakteristik arz eder.



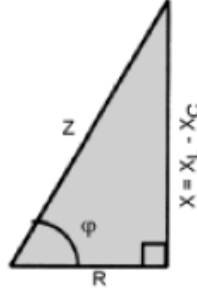
Şekil 1.13: R - L - C seri devre ve R - L - C seri devrenin vektör diyagramları

Başka bir deyişle,

$X_L > X_C$ ise devre indüktif özellik gösterir. Gerilim akımdan j açısı kadar ileridedir.
 $X_C > X_L$ ise devre kapasitif özellik gösterir. Gerilim akımdan j açısı kadar geridedir.
 $X_L = X_C$ ise devre rezonanstadır. Gerilim ile akım arasında faz farkı yoktur. ($j = 0^\circ$).

Seri devrede tüm elemanlardan aynı değerde akım geçtiğinden vektör diyagram çizilirken “x” ekseninde akımın vektörü yer alır. Direnç üzerinde düşen gerilim (V_R) akımla aynı fazdadır. Bobin üzerinde düşen gerilim (V_{XL} , V_L) akımdan 90° ileridedir. Kondansatör üzerinde düşen gerilim (V_{XC} , V_C) akımdan 90° geridedir.

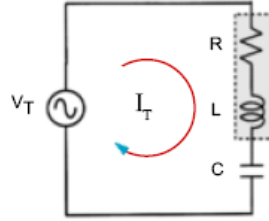
$X_L > X_C$ ise;



Şekil 1.14: $X_L > X_C$ durumu için empedans üçgeni

$V_T^2 = V_R^2 + (V_{X_L} - V_{X_C})^2$ formülü ile devre gerilimi, $Z^2 = R^2 + (X_L - X_C)^2$ formülü ile de empedans bulunur. $\cos \phi = R/Z$ ile de faz farkı bulunur.

Örnek 9: Şekilde direnci 3Ω , indüktansı $0,04 \text{ H}$ olan bir bobin kapasite değeri $470 \mu\text{F}$ olan bir kondansatör seri olarak bağlanmıştır. Devreye uygulanan gerilim 50 Hz frekanslı ve 12 V tur. Buna göre;



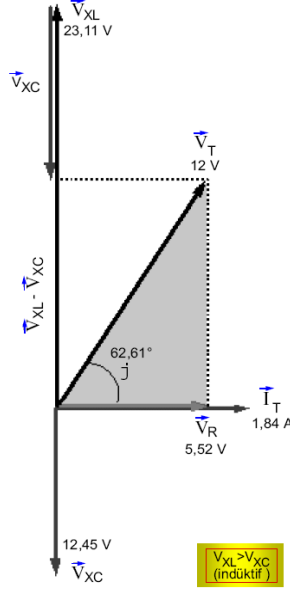
Şekil 1.15: R-L-C seri devresi (örnek 9)

- Bobinin indüktif reaktansını (X_L),
- Kondansatörün kapasitif reaktansını (X_C),
- Devrenin empedansını (Z),
- Devreden geçen akımı (I_T),
- Direnç üzerinde düşen gerilimi (V_R),
- Bobin üzerinde düşen gerilimi (V_{X_L}),
- Kondansatör üzerinde düşen gerilimi (V_{X_C}),
- Devrenin akımıyla gerilimi arasındaki faz farkını bulunuz.
- Devrenin vektör diyagramını çiziniz.

Çözüm :

a. $X_L = 2 \cdot 3,14 \cdot f \cdot L$	$X_L = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 0,04$	$X_L = 12,56 \Omega$
b. $X_C = 1 / (2 \cdot 3,14 \cdot f \cdot C)$	$X_C = 1 / (2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 470 \cdot 10^{-6})$	$X_C = 6,77 \Omega$
c. $Z^2 = R^2 + (X_L - X_C)^2$	$Z^2 = 3^2 + (12,56 - 6,77)^2$	$Z = 6,52 \Omega$
ç. $I_T = V_T / Z$	$I_T = 12 / 6,52$	$I_T = 1,84 \text{ A}$

- d. $V_R = I_T \cdot R$ $V_R = 1,84 \cdot 3$ $V_R = 5,52 \text{ V}$
- e. $V_{XL} = I_T \cdot X_L$ $V_{XL} = 1,84 \cdot 12,56$ $V_{XL} = 23,11 \text{ V}$
- f. $V_{XC} = I_T \cdot X_C$ $V_{XC} = 1,84 \cdot 6,77$ $V_{XC} = 12,45 \text{ V}$
- g. $\cos j = R/Z$ $\cos j = 3 / 6,52$ $\cos j = 0,46$
- $j = 62,61^\circ$ (Devrenin gerilimi akımdan $62,61^\circ$ ileridedir.)
- ğ. Devrenin vektör diyagramı;

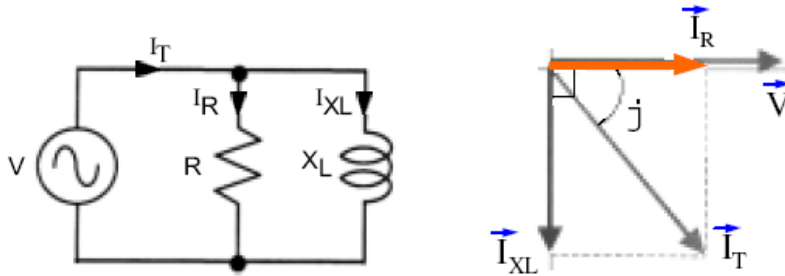


Şekil 1.16: R –L- C seri devresi vektör diyagramı (örnek 9)

1.1.4.2. Paralel Devreler

➤ 1.1.4.2.1. Paralel R - L Devresi

Paralel bağlı R - L devresinde her iki alıcının uçlarında da aynı gerilim düşümü oluşur. R ve XL'den geçen akımların toplamı ise ana akıma eşittir.



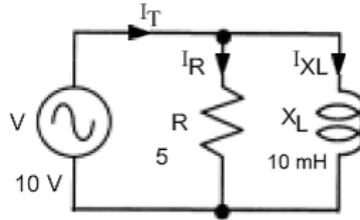
Şekil 1.17: Paralel R –L devresi ve devrenin vektör diyagramı

Paralel bağlı devrelerde her iki alıcının üzerinde aynı değerde gerilim düşümü olduğundan vektör diyagramının çiziminde "x" eksenine gerilim vektörü çizilir.

Omik alıcı (R) üzerinde oluşan gerilimin vektörü akımla aynı fazdadır. İndüktif alıcı olan bobinin akımının vektörü ise gerilimden 90° geri olarak çizilir.

$I_T^2 = I_R^2 + I_{XL}^2$ formülü ile devre akımı, $\frac{1}{Z} = \sqrt{\frac{1}{R^2} + \frac{1}{X_L^2}}$ formülü ile devre empedansı bulunur.

Örnek 10: Şekil 1.18 'de verilen, gerilimi 10 V, frekansı 100 Hz olan paralel bağlı devrede direnç 5Ω , bobin 10 mH (0,01 H)'dir. Buna göre,



Şekil 1.18: Paralel R-L devresi (Örnek 10)

- İndüktif reaktans değerini (X_L),
- Empedansı (Z),
- Devre akımını (I_T),
- Direnç üzerinden geçen akımı (I_R),
- Bobin üzerinden geçen akımı (I_{XL}),
- Devrenin faz farkını (güç kat sayısını, $\cos j$ değerini) bulunuz.
- Devrenin vektör diyagramını çiziniz.

Çözüm:

a. $X_L = 2 \cdot 3,14 \cdot f \cdot L$ $X_L = 2 \cdot 3,14 \cdot 100 \cdot 0,01$ $X_L = 6,28 \Omega$

b. $\frac{1}{Z} = \sqrt{\frac{1}{R^2} + \frac{1}{X_L^2}} = \sqrt{\frac{1}{5^2} + \frac{1}{6,28^2}}$

$Z = 3,92 \Omega$

$I_T = \sqrt{I_R^2 + I_{XL}^2} = \sqrt{2^2 + 1,59^2}$

c.

$I_T = 2,55 \text{ A}$

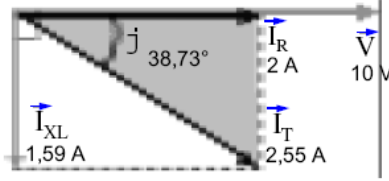
ç. $I_R = V / R$ $I_R = 10 / 5$ $I_R = 2 \text{ A}$

d. $I_{XL} = V / X_L$ $I_{XL} = 10 / 6,28$ $I_{XL} = 1,59 \text{ A}$

e. $\cos j = I_R / I_T$ $\cos j = 2 / 2,55$ $\cos j = 0,78$

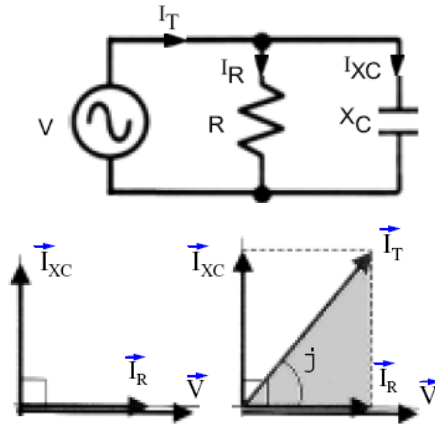
$j = 38,73^\circ$ (Devre akımı gerilimden $38,73^\circ$ geridedir.)

f. Vektör diyagramı şekildeki gibidir.



Şekil 1.19: Paralel R–L vektör diyagramı (Örnek 10)

➤ 1.1.4.2.2. Paralel R-C Devresi

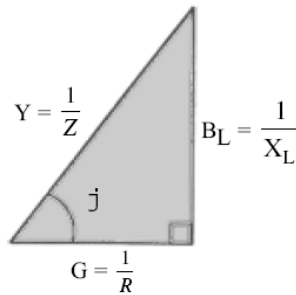


Şekil 1.20: Paralel R–C devresi ve devrenin vektör diyagramı

Paralel bağlı devrelerde her iki alıcının üzerinde aynı değerde gerilim düşümü olduğundan vektör diyagramının çiziminde "x" eksenine gerilim vektörü çizilir.

Omik alıcı (R) üzerinde oluşan gerilimin vektörü akımla aynı fazdadır. Kapasitif alıcı olan kondansatör akımının vektörü ise gerilimden 90° ileri olarak çizilir.

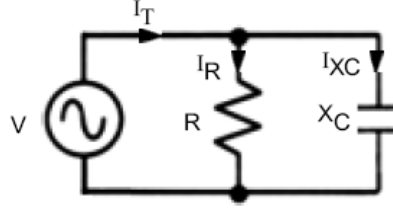
$I_T = \sqrt{I_R^2 + I_{XC}^2}$ formülü ile devre akımı, $\frac{1}{Z} = \sqrt{\frac{1}{R^2} + \frac{1}{X_C^2}}$ formülü ile de empedans bulunur.



Şekil 1.21: Paralel R–L devresinde admitans üçgeni

$\cos j = \frac{I_R}{I_T} = \frac{G}{Y} = \frac{Z}{R}$ formülü ile de faz farkı hesaplanır.

Örnek 11: Şekilde verilen paralel bağlı R – C devresinde $R = 4 \Omega$, $X_C = 6 \Omega$ dur. Devreye uygulanan gerilim 24 V, frekansı 50 Hz.dir.



Şekil 1.22: Paralel R –L devresi (örnek 11)

- Direnç üzerinden geçen akımı (I_R),
- Kondansatör üzerinden geçen akımı (I_{XC}),
- Devrenin akımını (I_T),
- Devrenin empedansını (Z),
- Akımla gerilim arasında oluşan faz farkını ($\cos j$) bulunuz.
- Devrenin vektör diyagramını çiziniz.

Çözüm:

$$\text{a. } I_R = \frac{V}{R} = \frac{24}{4} = 6 \text{ A}$$

$$\text{b. } I_{XC} = \frac{V}{X_C} = \frac{24}{6} = 4 \text{ A}$$

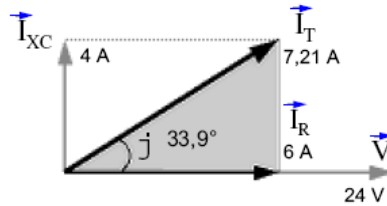
$$\text{c. } I_T = \sqrt{I_R^2 + I_{XC}^2} = \sqrt{6^2 + 4^2} = \sqrt{52} = 7,21 \text{ A}$$

$$\text{ç. } Z = \frac{V}{I_T} = \frac{24}{7,21} = 3,32 \text{ W}$$

$$\text{d. } \cos j = \frac{I_R}{I_T} = \frac{6}{7,21} = 0,83$$

$$j = \cos^{-1} 0,83 = 33,9^\circ$$

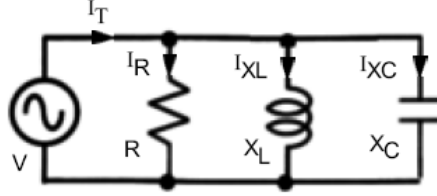
(Devre akımı gerilimden $33,9^\circ$ ileri fazlıdır.)



Şekil 1.23: Paralel R –L devresi vektör diyagramı (örnek 11)

➤ 1.1.4.2.3. Paralel R-L-C Devresi

R - L - C devresi R-L ve R-C paralel devrelerinin birleştirilmiş hâlidir. Paralel bağlı alıcıların olduğu devrelerde tüm alıcılar üzerine aynı gerilim düştüğü için vektör diyagramı çizilirken x. eksenine gerilim çizilir. Akım vektörleri ise gerilime göre olan faz ilişkileri dikkate alınarak konumlandırılır.



Şekil 1.24: Paralel R-L-C devresi

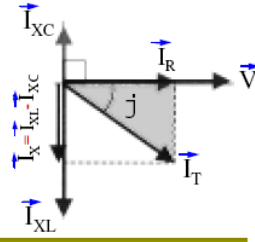
Direnç üzerinden geçen akım gerilimle aynı fazlıdır. Bobin üzerinden geçen akım gerilimden 90° geridedir. Kondansatörden geçen akım ise gerilimden 90° ileridedir.

R-L-C paralel devrede üç durum söz konusudur. Bunlar, $X_L > X_C$, $X_L < X_C$ ve $X_L = X_C$ şeklindedir.

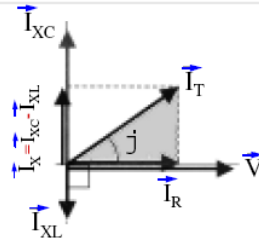
$X_L > X_C$ durumunda $I_{XL} < I_{XC}$,
 $X_L < X_C$ durumunda $I_{XL} > I_{XC}$,
 $X_L = X_C$ durumunda ise $I_{XL} = I_{XC}$ olur.

$X_L > X_C$ durumunda $I_{XL} < I_{XC}$,

$I_T = \sqrt{I_R^2 + (I_{XL} - I_{XC})^2}$ formülü ile akım, $\frac{1}{Z} = \sqrt{\frac{1}{R^2} + \left[\frac{1}{X_L} - \frac{1}{X_C}\right]^2}$ formülü ile de empedans hesaplanır.

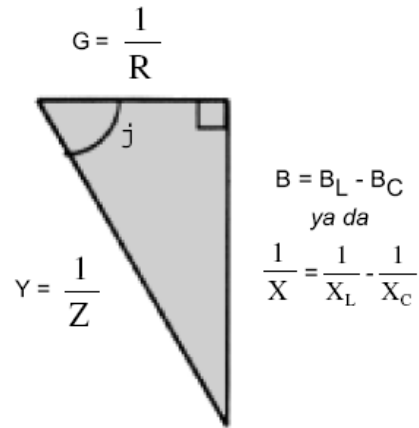


a. $I_{XL} > I_{XC}$ (indüktif devre)



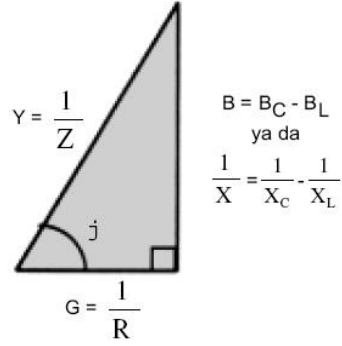
b. $I_{XC} > I_{XL}$ (kapasitif devre)

Şekil 1.25: Paralel R-L-C devresi vektör diyagramı



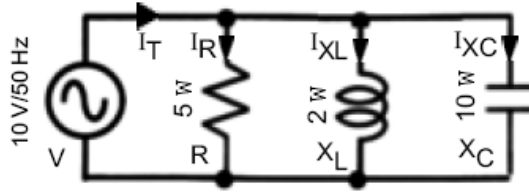
Şekil 1.26: Paralel R-L-C devresinde admitans üçgeni ($X_L > X_C$ durumunda)

$$\cos j = \frac{I_R}{I_T} = \frac{G}{Y} = \frac{Z}{R}$$



Şekil 1.27: Paralel R-L-C devresinde admitans üçgeni ($X_C > X_L$ durumunda)

Örnek 12: Şekli verilen devrede,



Şekil 1.28: Paralel R-L-C devresi (örnek 12)

- Direnç üzerinden geçen akımı (I_R),
- İndüktif reaktans üzerinden geçen akımı (I_{XL}),
- Kapasitif reaktans üzerinden geçen akımı (I_{XC}),
- Bobinin indüktans değerini (L),
- Kondansatörün kapasite değerini (C),
- Devreden geçen toplam akımı (I_T),
- Akımla gerilim arasındaki faz farkını ($\cos j$) bulunuz.

$$\text{a. } I_R = \frac{V}{R} = \frac{10}{5} = 2 \text{ A}$$

$$\text{b. } I_{XL} = \frac{V}{X_L} = \frac{10}{2} = 5 \text{ A}$$

$$\text{c. } I_{XC} = \frac{V}{X_C} = \frac{10}{10} = 1 \text{ A}$$

$$\text{ç. } L = \frac{X_L}{2\pi \cdot f} = \frac{2}{2 \cdot 3,14 \cdot 50} = 0,0063 \text{ H} = 6,36 \text{ mH}$$

$$\text{d. } C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot X_C} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 10}$$

$$C = 318 \cdot 10^{-6} \text{ F} = 318 \text{ mF}$$

$$\text{e. } I_T = \sqrt{I_R^2 + (I_{XL} - I_{XC})^2} = \sqrt{2^2 + (5 - 1)^2}$$

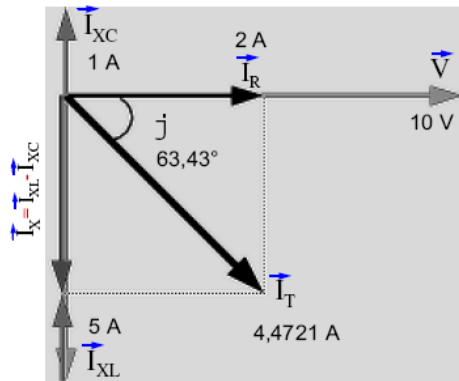
$$I_T = \sqrt{4 + 16} = \sqrt{20} = 4,4721 \text{ A}$$

$$\text{f. } \cos \phi = \frac{I_R}{I_T} = \frac{2}{4,47} = 0,4474$$

$$\phi = \cos^{-1} 0,44 = 63,43^\circ$$

Bobinden geçen akım gerilimden 63,43 derece geri durumdadır.

g. Devrenin vektör diyagramı aşağıdaki gibidir:



Şekil 1.29: Paralel R-L-C devresi vektör diyagramı (örnek 12)

1.1.5. Devre Davranışlarını Analizde j veya i operatörü ile Çalışma

Reaktansları ifade etmek için j ifadesini kullanmak mümkündür. Omik direnci olmayan saf indüktif bir alıcının söz konusu olduğu bir devrede Ohm kanunu,

$$V = I.X_L \text{ dir.}$$

Saf indüktif devrede V gerilimi akımdan 90° ileridedir. Bu durumu karmaşık sayılarla gösterebilmek için X_L 'nin önüne j konabilir. Bu işlem yapıldığında ideal bir bobinin empedansı sadece sanal kısımdan meydana gelen bir karmaşık sayı olur.

$$Z_L = jX_L = j\omega L = j2\pi fL$$

Özet olarak saf indüktif devrede Ohm kanunu,

$$V = I.jX_L = jI.X_L$$

şeklinde yazılabilir.

İndüktif reaktans j ile gösterilirken kapasitif reaktans -j ile gösterilir.

$$Z_C = -jX_C = -j\left(\frac{1}{2\pi.f.C}\right) = -j\left(\frac{1}{\omega C}\right)$$

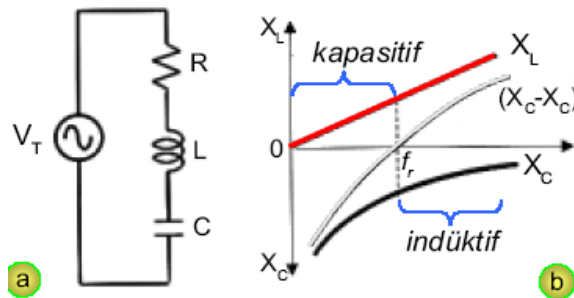
$$V = I.(-jX_C) = -jI.X_C$$

Sadece omik dirençli devrede gerilimle akım arasında faz farkı yoktur. Bu sebeple R değerinin önüne j ifadesi konmaz.

$$Z_R = R$$

1.2. Rezonans Devreleri

Seri ya da paralel bağlı R-L-C devresinde $X_L = X_C$ olması durumunda $Z = R$ olur. Bu durum rezonans olarak tanımlanır.



Şekil 1.30: Seri rezonans devresi ve frekans-reaktans ilişkisi

R-L-C devresinde rezonans anını sağlayabilmek için:

- Devreye uygulanan sinyalin frekansı değiştirilir.
- Devrede bulunan bobinin ya da kondansatörün değeri değiştirilir.

Örneğin radyoların tank (yayın seçme) devresinde bobinin değeri sabit, kondansatör ayarlı tiptedir.

Dinlenmek istenilen radyo vericisi frekansını bulmak için ayarlı kondansatörün mili çevrilerek kapasite değiştirilir. Bu işlem kapasitif reaktansı da (X_C) değiştirir. X_C ile X_L 'nin eşit olduğu anda tank devresi rezonansa girer ve $Z = R$ olur. Antene gelen çok sayıda sinyalin sadece rezonans frekansına eşit olan kısımları tank devresinde yüksek gerilim oluşturur. Bu gerilim yükselteç devresi tarafından hoparlöre gönderilir.

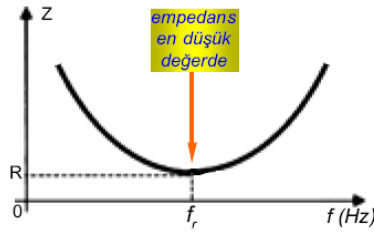
1.2.1. Seri Rezonans

Şekilde AA kaynağın frekansının artırılmasıyla X_L 'nin değerinin arttığı, X_C 'nin değerinin ise azaldığı görülebilir.

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} \text{ şeklindedir.}$$

$$X_L = 2\pi fL \quad \text{ve} \quad X_C = \frac{1}{2\pi fC}$$

olduğundan empedansın değeri frekansa göre değişir.



Şekil 1.31: Seri R-L-C devrenin empedansının frekans ile değişimi

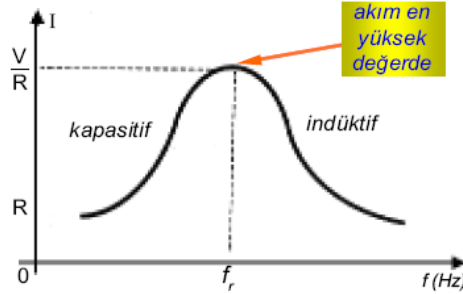
Rezonans frekansından küçük değerlerde X_L , X_C 'den daha küçük olduğundan toplam reaktans kapasitif özelliktedir.

Rezonans frekansından büyük değerlerde ise X_L , X_C 'den daha büyük olduğundan toplam reaktans indüktif özelliktedir.

$X_L = X_C$ anında ise devre omik özellik gösterir.

1.2.1.1. Seri Rezonansta Akım

Seri R-L-C devresinde rezonans anında devreden maksimum değerde akım geçişi olur.



Şekil 1.32: Seri R-L-C devresinde akımın frekansa göre değişimi

$$I_r = \frac{V}{Z} = \frac{V}{R}$$

formülü ile rezonans akımı bulunur. Devre omik özellikte olduğundan akım gerilimle aynı fazlıdır. AA kaynağın frekansına göre devre akımının değişimi şekilde görüldüğü gibidir. Rezonans frekansında devre empedansı en küçük değerinde olduğunda akım en büyük değerde olmaktadır.

1.2.1.2. Rezonans Frekansının Hesabı

Seri R-L-C devresinde rezonans anını oluşturan frekansın denklemi şu şekilde çıkarılır:

Rezonans anında $X_L = X_C$ olmaktadır.

$$X_L = 2 \cdot \pi \cdot f_r \cdot L, X_C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f_r \cdot C} \text{ olduğundan}$$

$$2 \cdot \pi \cdot f_r \cdot L = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f_r \cdot C}$$

$$f_r^2 = \frac{1}{(2 \cdot \pi)^2 \cdot L \cdot C}$$

$$f_r = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}$$

Denklemden,

f_r : Rezonans frekansı (Hz),

L: Bobinin indüktansı (H),

C: Kondansatörün kapasitesi (F)'dir.

1.2.1.3. Seri Rezonansta Gerilimler

Seri R-L-C devresinde rezonans anında $Z=R$ olduğundan R'nin üzerindeki gerilim uygulanan gerilime eşit olur. $V_R=V_T$

Rezonans anında $X_L = X_C$ olduğu için bobin ve kondansatör uçlarındaki gerilimler de birbirine eşittir.

$$V_{XL} = V_{XC}$$

Devre rezonans anındayken bobin ve kondansatör reaktansları dirençten daha büyük değerlerde ise L ve C gerilimleri devreye uygulanan gerilimden daha büyük olur.

Örnek 13: Seri R-L-C devresinde $R = 30 \Omega$, $L = 0,20 \text{ H}$, $C = 1 \mu\text{F}$ ($1 \cdot 10^{-6} \text{ F}$) dir. Devreye 356,06 Hz frekansı olan 12 V.luk bir gerilim uygulanmıştır.

a. Devre akımını (I_T) bulunuz.

b. Rezonans anında devre elemanları üzerinde düşen gerilimlerin (V_R , V_{XL} , V_{XC}) değerlerini bulunuz.

Çözüm:

$$\text{a. } I_T = \frac{V}{R} = \frac{12}{30} = 0,4 \text{ A}$$

$$\text{b. } V_R = V_T = 12 \text{ V}$$

$$X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L = 2 \cdot 3,14 \cdot 356,06 \cdot 0,2 = 447,21 \text{ W}$$

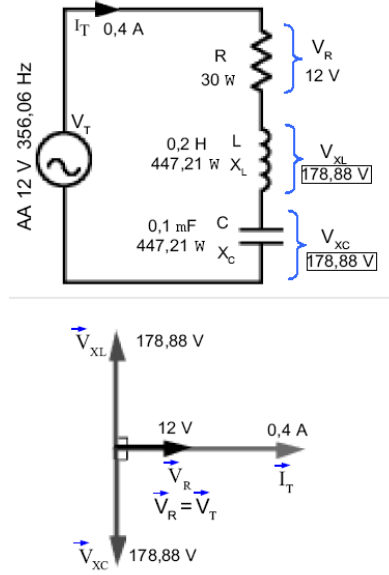
$$V_{XL} = I_T \cdot X_L = 0,4 \cdot 447,21 = 178,88 \text{ V}$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi f \cdot C} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 356,06 \cdot 1 \cdot 10^{-6}}$$

$$X_C = 447,21 \text{ W}$$

$$V_{XC} = I_T \cdot X_C = 0,4 \cdot 447,21 = 178,88 \text{ V}$$

Devrenin hesaplamaları ve vektör diyagramı aşağıdaki şekillerde verilmiştir.



Şekil 1.33: Paralel R –L-C devresi ve vektör diyagramı (örnek 13)

1.2.1.4. Rezonansta Bobin ve Kondansatörde Depo Edilen Enerjiler

Bobin ve kondansatörde depo edilen enerjiler şu formüller yardımıyla hesaplanır.

$$W_L = \frac{1}{2} \cdot L \cdot I_{XL}^2$$

$$W_C = \frac{1}{2} \cdot C \cdot V_{XC}^2$$

Rezonans anında bobin ve kondansatörün üzerindeki enerjiler birbirine eşittir.

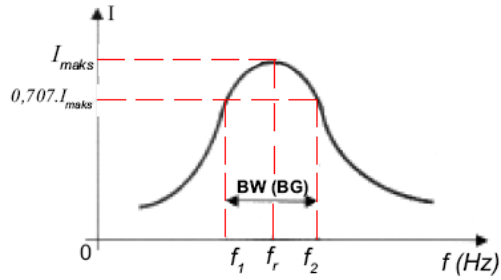
$$W_L = W_C$$

L de depo edilen enerjinin tümü zaman içinde C'ye aktarılır. Ardından C'de depolanan enerji tekrar L'ye aktarılır. Bu işlem sürekli olarak gerçekleşir. Rezonans anında enerji alışverişi L ile C arasında olmaktadır. Başka bir deyişle rezonans anında L ve C kaynaktan bir akım çekmez.

1.2.1.5. Seçicilik ve Bant Genişliği (BG, band width, BW)

Şekil 1.33 'te verilen akımın frekansa göre olan değişimi Şekil 1.34'te yeniden çizilmiştir. Eğride görüldüğü gibi akım en yüksek değerini rezonans frekansında almaktadır. Yine rezonans frekansının yakınlarında akım maksimum değere çok yakındır. Bu sayede rezonans devresi yalnızca rezonans frekansını değil, bunun yakınında bulunan frekans bandını da seçmektedir denir. Bu bandın alt ve üst kesim freansları f_1 ve f_2 olarak Şekil 1.34'te gösterilmiştir. Bu eğriden faydalanılarak bant genişliği (BG, band with, BW) eşitliği,

$BG = D_f = f_2 - f_1$ ile bulunur.



Şekil 1.33: Bant genişliği

f_1 ve f_2 frekansları, devreye rezonans anında verilen gücün yarısının verildiği güçteki frekanslardır. Bu sebeple f_1 ve f_2 'ye yarı güç frekansları denir.

Seri R-L-C devresinde yarı güç noktaları şöyle bulunur:

$$\frac{1}{\sqrt{2}} \cdot I_{maks} = 0,707 \cdot I_{maks}$$

Seri rezonans devresinde bant genişliğiyle Q arasında şöyle bir ilişki vardır:

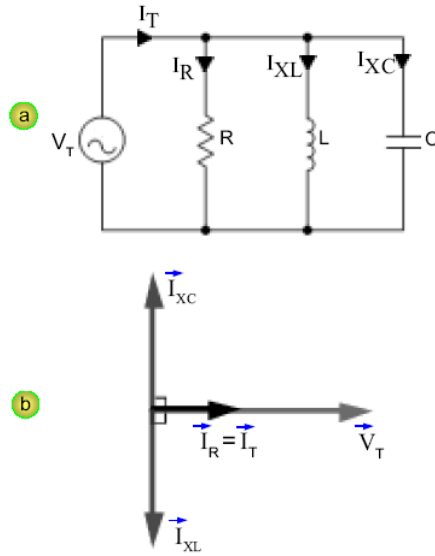
$$BG = \frac{f_r}{Q}$$

Buradan Q kat sayısı büyük olan devrelerin seçiciliğinin daha iyi olduğu anlaşılır. Bu sebeple Q'ya devrenin iyilik kat sayısı ya da kalite kat sayısı da denir.



Şekil 1.34: a. Seçiciliği iyi bir devrenin frekansa göre akımının değişim eğrisi
b. Seçiciliği kötü (az, düşük) olan bir devrenin frekansa göre akımının değişim eğrisi

1.2.2. Paralel Rezonans



Şekil 1.35: Paralel R-L-C devresi ve rezonanstaki vektör diyagramı

Eğer devrede $XL = XC$ rezonans durumu sağlanmışsa seri rezonansa olduğu gibi devre empedansı yine,

$Z = R$ olur. Buna bağlı olarak devre akımını da $I_T = V_T / R$ ile hesaplanır.

Paralel R - L - C devresi rezonansa girdiğinde devreden geçen akım direncin geçirdiği kadardır.

Rezonansta $X_L = X_C$ olduğundan bunlardan geçen akımlar 180° faz farklı yani birbirine zıttır. X_L ve X_C den geçen akımların vektöriyel toplamı sıfır (0)' a eşittir. Devrede rezonans frekansı ;

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{L.C}}$$

Denklemden,

fr: Rezonans frekansı (Hz),

L: Bobinin indüktansı (H),

C: Kondansatörün kapasitesi (F)'dir.

Örnek:

Şekil 1.35' te verilen devrede $V = 10$ V, $R = 15$ k Ω (15000 Ω) $L = 0,1$ H ve $C = 0,03$ μ F ($0,03 \cdot 10^{-6}$ F).dır.

- Devrenin rezonans frekansını (f_r) bulunuz.
- Rezonans anında X_L ve X_C değerlerini bulunuz.
- Rezonans anında L ve C'den geçen akımları (I_{XL} , I_{XC}) bulunuz.
- Devreden geçen toplam akımı (I_T) bulunuz.

Çözüm :

$$a. f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{L.C}} = \frac{1}{2\pi \cdot 14,2907,23 \cdot \sqrt{0,1 \cdot 0,03 \cdot 10^{-6}}}$$

$$f_r = 2907,23 \text{ Hz}$$

$$b. X_L = 2\pi f_r L = 2\pi \cdot 14,2907,23 \cdot 0,1 = 1825,74 \text{ W}$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi f_r C} = \frac{1}{2\pi \cdot 14,2907,23 \cdot 0,03 \cdot 10^{-6}}$$

$$X_C = 1825,74 \text{ W}$$

$$c. I_{XL} = \frac{V}{X_L} = \frac{10}{1825,74} = 0,0054 \text{ A} = 5,4 \text{ mA}$$

$$I_{XC} = \frac{V}{X_C} = \frac{10}{1825,74} = 0,0054 \text{ A} = 5,4 \text{ mA}$$

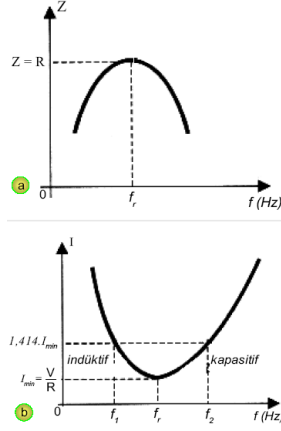
ç. Rezonans anında devre akımı, direncin akımına eşit olacağından,

$$I_T = I_R = \frac{V_T}{R} = \frac{10}{15000} = 0,00066 \text{ A} = 0,66 \text{ mA}$$

olarak bulunur.

1.2.2.1. Paralel R - L - C Devresinde Frekansla Empedans ve Akımın Değişimi (Frekans Cevabı)

Paralel R - L - C devresinin empedansı rezonans anında $Z = R$ olup en büyük değerdedir. Rezonans frekansının altındaki ve üstündeki frekanslarda ise empedans Şekil 1.35' te görüldüğü gibi küçülmektedir. Devrenin akımı da frekansa bağlı olarak rezonans anında Şekil 1.35' te görüldüğü gibi en küçük değerindedir.



Şekil 1.35: Paralel R-L-C devresinde frekansın değişimine bağlı olarak empedans ve akımın değişim eğrileri

1.2.2.2. Rezonansta Paralel R - L - C Devresinin Q Katsayısı

Rezonans anında devre akımıyla gerilim aynı fazlıdır. Paralel rezonansta akım yükseltme katsayısı,

$$Q = \frac{I_{XL}}{I_T}$$

şeklinde yazılabilir.

Buna göre yüksek dirençli (ya da düşük reaktanslı) paralel devrenin Q katsayısı yüksek olup seçiciliği daha yüksektir. Bu, seri rezonans devresindeki durumun tersidir. (Seri rezonans devresinde $Q = X_L / R$ idi.)

Paralel rezonans devresinin bant genişliği denklemi, seri rezonans devresinde olduğu gibidir.

$$BG = Df = \frac{f_r}{Q}$$

1.3. Rezonans Devrelerinin Uygulamaları ve Sorun Giderme

1.3.1. AC ve DC Devrelerde Arıza Teşhisi İçin Gerilim Tahmini

Rezonans anında kondansatör ve bobin üzerindeki gerilim kaynak geriliminden fazladır. Rezonans halindeki devrelerde bu gerilim artışı tipiktir ve reaktif elemanın değerlerinin R değerinden 10-100 misli daha büyük olması halinde oldukça yüksek değerlerdedir.

Örnek: Bir seri devrede L endüktörü , 1 µF büyüklüğünde bir kondansatör ve 10 Ω' luk bir direnç bulunmaktadır. a) Devrenin 1 Khz'de rezonansa girmesi için gerekli L değerini bulun. b) 10 V bir gerilim uygulanması durumunda I akımını ve her bir eleman üzerindeki gerilim düşümünü hesaplayınız.

Çözüm:

$$(a) L = \frac{1}{(2\pi f_0)^2 C} = \frac{1}{(2\pi \times 1000)^2 (10^{-6})} = 25.36 \text{ mH}$$

$$(b) I = \frac{E}{R} = \frac{10 \angle 0^\circ}{10} = 1 \angle 0^\circ \text{ amper (A)}$$

$$|V_L| = IX_L = I\omega L$$

$$= (1) (2\pi \times 1000) (25.36 \times 10^{-3}) = 158.9 \text{ V}$$

$$|V_C| = |V_L| = 158.9 \text{ V}$$

$$V_R = IR = (1) (10) = 10 \text{ V}$$

1.3.2. Empedans Uyumlaştırma İçin Gerekenler ve Empedans Uyumlaştırma

Uygulamada empedans uyumlaştırma için, transformatör kuplajı kullanılır. Sabit bir gerilim için primer akımdaki bir değişme, sekonder empedansta bir değişime yol açar.

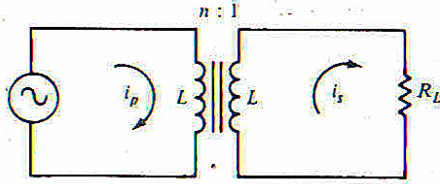
Primer empedansı; $Z_P = E_P / I'_P$ dir. Primer empedansı ile sekonder empedansı arasında şöyle bir ilişki vardır. $Z_S = n^2 \cdot Z'_S$ dir. Burada Z_S yükle birlikte sekonder kısmının empedansıdır. İyi bir transformatörde yüke oranla sekonder empedansı küçüktür ve primer empedansı $Z_p = n^2 \cdot R_L$ olarak verilir. Burada Z_p yansıma empedansıdır.

Örnek: Bir ses frekans transformatörünün yükü 10 Ω ve primer yansıma empedansı da 10 kΩ' dur. 15 kΩ çıkış empedansına sahip bir yükseltecin empedans eşleşmesini sağlamak için transformatöre ne kadarlık bir yük bağlanmalıdır?

Çözüm: $Z_p = n^2 \cdot R_L$
 $R_{L2} = Z_p / n^2$

$n^2 = Z_p / R_L$ $Z_p = 10000 / 10$
 $R_{L2} = 15000/1000$

$Z_p = 1000$
 $R_{L2} = 15 \Omega$



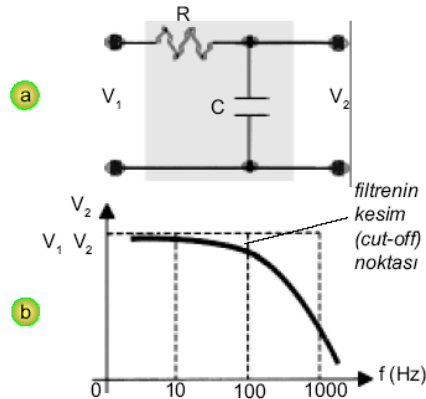
Şekil 1.36: Empedans uygunlaştırma devresi

1.3.3. Alçak Geçiren, Yüksek Geçiren, Band Geçiren ve Bant Durduran Güç Kaynağı Filtreleri

Direnç, bobin ve kondansatör gibi pasif devre elemanları kullanılarak frekans filtreleri üretilebilir. Filtreler kullanılarak bir devrenin çıkışından alınan sinyallerin yüksek, düşük ya da belli aralıktaki değerleri bastırılabilir.

1.3.3.1. R-C Tipi Düşük Frekanslı Sinyalleri Geçiren Pasif Filtre Devresi

Şekil 1.37’ de verilen R - C tipi pasif filtre devresi alçak frekanslı sinyalleri çıkışa ulaştırırken, yüksek frekanslı sinyallerin çıkışa ulaşmasını engeller.



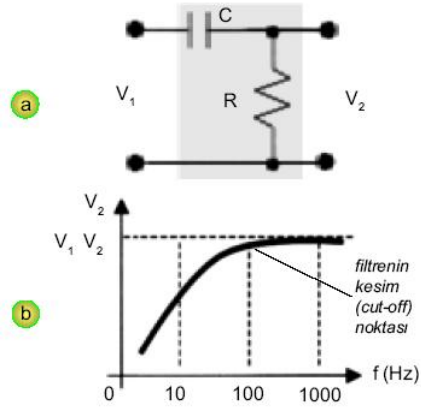
Şekil 1.37: R-C tipi düşük (alçak) frekanslı sinyalleri geçiren pasif filtre (süzgeç) devresi

Başka bir deyişle bu devre yüksek frekanslı sinyalleri zayıflatmış olur. Giriş gerilimi ile çıkış gerilimi arasında aşağıdaki gibi bir ilişki vardır.

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{X_c}{\sqrt{R^2 + X_c^2}}$$

1.3.3.2. R-C Tipi Yüksek Frekanslı Sinyalleri Geçiren Pasif Filtre Devresi

Şekil 1.38’de verilen R-C tipi pasif filtre devresi yüksek frekanslı sinyalleri çıkışa gönderir. Alçak frekanslı olanları ise bastırır. Yüksek frekanslı sinyalleri geçiren pasif tip R-C filtre devresinin girişine uygulanan V_1 gerilimi, kondansatör reaktansı (X_C) ve direnç (R) üzerinde bölünür.



Şekil 1.38: R-C tipi yüksek frekanslı sinyalleri geçiren pasif filtre (süzgeç) devresi

Giriş gerilimi ile çıkış gerilimi arasında aşağıdaki gibi bir ilişki vardır:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + X_C^2}}$$

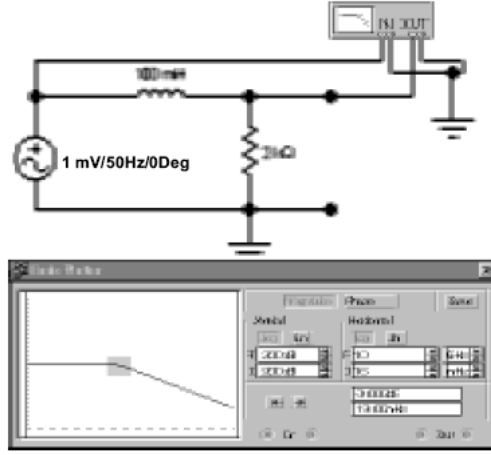
1.3.3.3. R-C’li Yüksek Frekanslı Sinyalleri Geçiren Pasif Filtre Devresinin Kesim Frekansı

$$f_c = \frac{1}{2.\pi.R.C}$$

formülü ile yüksek geçiren filtrenin kesim (cut –off) frekansı bulunur.

1.3.3.4. R-L Tipi Alçak Frekanslı Sinyalleri Geçiren Pasif Filtre Devresi

R ve C kullanılarak yapılan pasif filtreler R ve L kullanılarak da yapılabilir.



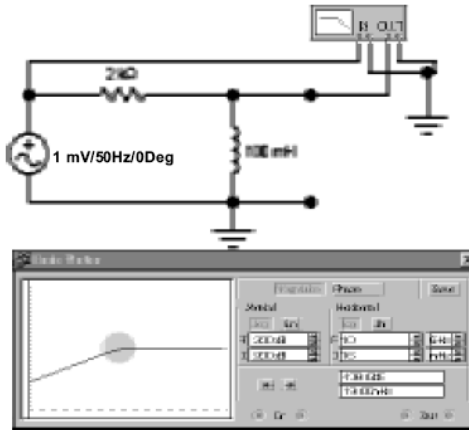
Şekil 1.39: R-L tipi alçak frekanslı sinyalleri geçiren pasif filtre (süzgeç) devresi

kesim frekansı ise;

$$f_c = \frac{R}{2\pi \cdot L}$$

formülü ile bulunur.

1.3.3.5. R-L Tipi Yüksek Frekanslı Sinyalleri Geçiren Pasif Filtre Devresi



Şekil 1.40: R-L tipi yüksek frekanslı sinyalleri geçiren pasif filtre (süzgeç) devresi

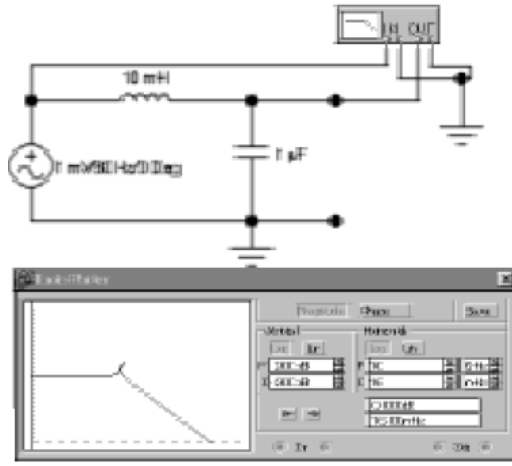
R ve L'den oluşan, yüksek frekansları çıkışa aktaran pasif filtre devresinin kesim (cut-off) frekansı

$$f_c = \frac{R}{2 \cdot \pi \cdot L}$$

denklemlle hesaplanır.

1.3.3.6. L-C Tipi Alçak Frekanslı Sinyalleri Geçiren Pasif Filtre Devresi

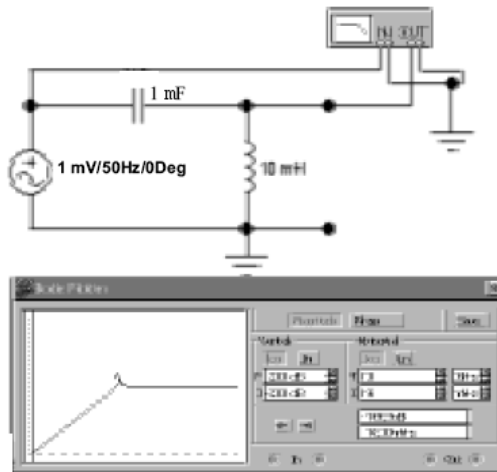
Devrede alçak frekanslı sinyaller bobin üzerinden kolayca geçer. Ancak C den geçemeyip çıkışa gider. Yüksek frekanslı sinyaller ise bobinden geçemez.



Şekil 1.41: L-C tipi alçak frekanslı sinyalleri geçiren pasif filtre devresi

1.3.3.7. L-C Tipi Yüksek Frekanslı Sinyalleri Geçiren Pasif Filtre Devresi

Devrede alçak frekanslı sinyaller kondansatörden geçemez. Yüksek frekanslı sinyaller ise geçer.



Şekil 1.41: L-C tipi yüksek frekanslı sinyalleri geçiren pasif filtre devresi

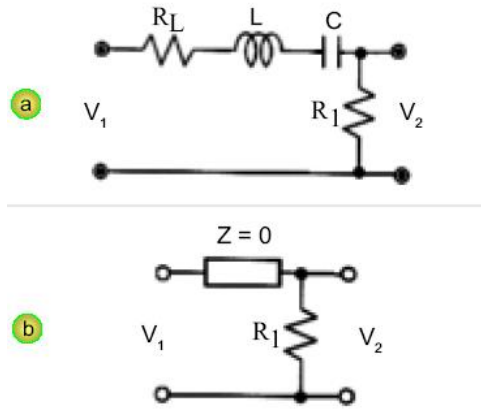
1.3.4. Belirli Uygulamalar İçin Seri veya Paralel Rezonans Devresinin Özel Çeşitlerini Seçme

1.3.4.1. Rezonans Filtreleri

Direnç, kondansatör ve bobin gibi pasif devre elemanları kullanılarak alçak ya da yüksek frekansları geçiren filtre devreleri yapmak mümkündür.

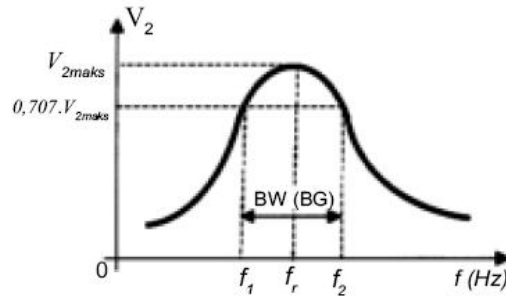
Rezonans devreleri kullanılarak belli bir aralıktaki frekanslara sahip sinyallerin geçirilmesi ya da engellenmesi (bastırılması, bloke edilmesi) mümkündür.

➤ 1.3.4.1.1. Bant Geçiren Filtreler



Şekil 1.42: Bant geçiren filtreler

Şekil 1.42'de devresi, şekil 10-b'de ise rezonans anındaki eş değeri verilen şema belirli bir frekans aralığına sahip sinyalleri geçirir. Devrede L ve C'ye seri bağlı olarak gösterilen R_L bobinin iç direncidir. R_L direnci çıkışa bağlı olan R_1 'den çok küçüktür. ($R_L \ll R_1$) Bu sebeple R_L direnci ihmal edilebilir (yok sayılabilir).



Şekil 1.43: Bant geçiren süzgeçler (filtreler) bant genişliği

Rezonans hâlinde, $Z = R_L$ olacağından devrenin toplam direnci ve toplam akımı şöyle yazılır:

$$R_T = R_1 + R_L, \quad I_T = V_1 / R_T$$

Şekil 1.42'de giriş geriliminin frekansının değişimine bağlı olarak çıkış geriliminin değerini gösteren eğri verilmiştir. Bu eğri incelenecek olursa, çıkış gerilimi f_1 ve f_2 kesim frekansları arasındaki bantta yüksek değerdedir. Bu aralık filtre devresinin geçirme bandıdır.

Örnek 14: Şekil 1.42'deki devrede $L = 1$ mH (0,001 H), $C = 4,7$ μ F ($4,7 \cdot 10^{-6}$ F), $R_L = 0,1$ Ω , $R_1 = 22$ Ω 'dur.

- Rezonansa girme frekansını (fr) bulunuz.
- Q kat sayısını bulunuz.
- Bant genişliğini (BG) bulunuz.
- Geçirdiği frekans bandını bulunuz.

Çözüm:

$$a. f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2,314\sqrt{0,001 \cdot 4,7 \cdot 10^{-6}}}$$

$$f_r = 2322,69 \text{ Hz}$$

$$b. X_L = 2\pi f_r L$$

$$X_L = 2,314 \cdot 2322,69 \cdot 0,001 = 14,58 \text{ W}$$

$$R_T = R_1 + R_L = 22 + 0,1 = 22,1 \text{ W}$$

$$Q = \frac{X_L}{R_T} = \frac{14,58}{22,1} = 0,65$$

$$c. BG = \frac{f_r}{Q} = \frac{2322,69}{0,65} = 3573,36 \text{ Hz}$$

$$ç. f_1 = f_r - \frac{BG}{2} = 2322,69 - \frac{3573,36}{2}$$

$$f_1 = 536,01 \text{ Hz}$$

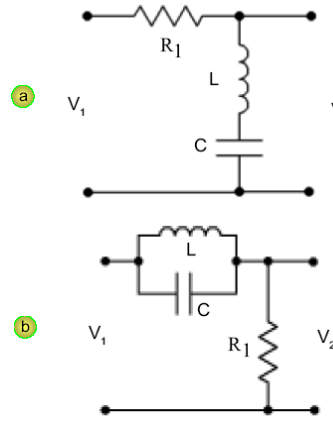
$$f_2 = f_r + \frac{BG}{2} = 2322,69 + \frac{3573,36}{2}$$

$$f_2 = 4109,37 \text{ Hz}$$

Bu sonuçlara göre filtre devresinin geçirdiği frekans bandı 536,01 Hz ile 4109,37 Hz arasındır.

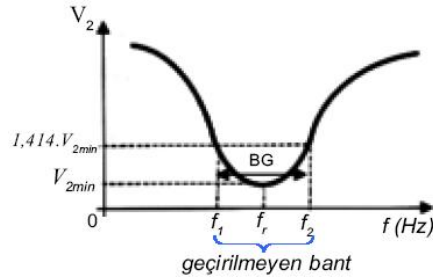
1.3.4.2. Bant Geçirmeyen Filtreler

Şekil 1.44'te de verilen filtre devreleri belirli bir frekans aralığına sahip sinyalleri geçirmezler. Şekil 14-a'daki devrede çıkış gerilimi (V_2) seri L - C devresinin uçlarında görülür. Rezonans bandında bu devrenin empedansı R_1 ' den çok küçük olacağından V_2 gerilimi V_1 geriliminden çok küçük olur. Rezonans bandı dışında ise, V_2 , gerilimi V_1 gerilimine yaklaşır. Bu sayede frekansı rezonans bandı içerisinde kalan gerilimler çıkışa aktarılmamış olur.



Şekil 1.44: Bant geçirmeyen filtreler

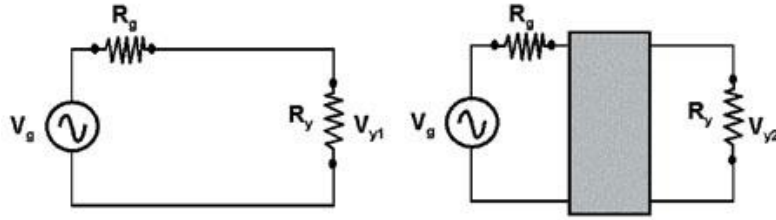
Şekil 1.44' teki devrede ise rezonans bandında paralel L - C devresinin empedansı R_1 e göre çok büyük olacağından, V_2 gerilimi V_1 geriliminden çok küçük kalır. Rezonans bandının dışında ise yine V_2 gerilimi V_1 gerilimine yaklaşır. Şekil 1.45' te bant geçirmeyen filtre devrelerinin elektriksel karakteristik eğrisi verilmiştir.



Şekil 1.45: Bant geçirmeyen filtreler bant genişliği

1.3.5. Transmisyon Hatlarının Rezonans Devreleri ve Frekans Yönlendiriciler ile Bağlantısı

Kaynak ile yük arasına bir eleman ya da devre bağlandığında, işaretin belli oranda zayıflaması söz konusu. Bu zayıflama idealde geçirme bandında sıfır, ancak pratikte sıfırdan farklı. Rezonans devresinin işarete sebep olduğu minimum kayıp, araya girme kaybı olarak tanımlanmakta ve dB olarak ifade edilmekte. Şekil 1.46' da araya girme kaybının tanımı verilmekte. Kaynak ile yük arasında rezonans devresi yok ve var iken hesaplanan/ölçülen çıkış gerilimleri, sırasıyla V_{y1} ve V_{y2} ise, araya girme kaybı bu ikisinin oranı olarak $AGK=20 \log_{10} (V_{y1}/V_{y2})$ şeklinde tanımlanmakta. V_{y1} gerilimi V_{y2} geriliminden her zaman büyük ya da eşit olacağına göre, bu şekilde tanımlanan AGK 0 dB ile -? arasında olacaktır.



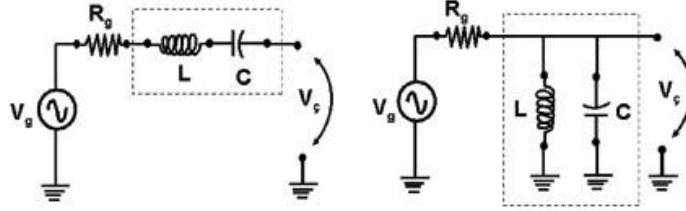
Şekil 1.46: Transmisyon hatlarının rezonans devreleri ve frekans yönlendiriciler ile bağlantısı

DC işaretleri için endüktans KD, yüksek frekanslara doğru ise AD etkisi gösterir. Tersine, kondansatör DC ve alçak frekanslarda AD yüksek frekanslarda ise KD etkisi gösterir. Bu durumda kaynak ile yük arasına seri bağlanacak bir endüktans alçak geçiren filtre (AGF) gibi davranırken, seri kondansatör yüksek geçiren filtre (YGF) gibi davranır ve DC işareti süzer. Bu elemanların seri yerine paralel bağlanması etkileri tersine çevirir; yani paralel endüktans YGF, paralel kondansatör ise AGF etkisi yapar. Benzer şekilde, seri kola seri bağlanan endüktans ve kondansatör (rezonans devresi) bant geçiren filtre (BGF) etkisi yaparken, seri kola paralel bağlanan endüktans ve kondansatör çifti ise bant söndüren filtre (BSF) görevi görür.

1.3.6. Transmisyon Hatlarının Rezonans Devrelerinde Bir Eleman Gibi Kullanılması

Seri ve paralel rezonans devrelerinin kaynak ile yük arasına bağlanması Şekil 1.47' de gösterildiği gibi gerçekleşmekte. Soldaki seri rezonans devresi giriş ile çıkış arasında rezonans frekansında işaretin yüke aktarılması istendiğinde, sağdaki paralel rezonans devresi ise işaretler süzülme istendiğinde kullanılmakta. Örneğin; kaynak 50 Hz frekanslı şebeke işareti olsun. Şebekenin, doğrusal olmayan yükler sebebiyle oluşan harmonikleri (100 Hz, 150 Hz, 200 Hz, 250 Hz, ...) sağdaki devrede paralel kola yerleştirilecek ve her biri bir harmonik frekansında rezonansa gelecek şekilde elemanlara sahip farklı rezonans devreleri ile süzülebilir.

Bir devrede gerilim bölme devreye basit empedans eklemeyeyle gerçekleştirilmekte. Şekil 1.47' de sağdaki devreyi ele alalım. Paralel bağlı LC çifti üzerinden alınan çıkış gerilimi ile giriş (kaynak) gerilimi oranı (XLC paralel koldaki LC elemanlarının empedansı olmak üzere)



Şekil 1.47: Transmisyon hatlarının rezonans devrelerinde bir eleman gibi kullanılması

$$\frac{V_c}{V_g} = \frac{X_{LC}}{R_g + X_{LC}}$$

şeklinde hesaplanmakta. Gerilim transfer fonksiyonu denen bu oran, eleman değerleri ve frekans cinsinden dB olarak

$$\frac{V_c}{V_g} = 20 \log_{10} \left| \frac{j\omega L}{R_g - \omega^2 R_g LC + j\omega L} \right|$$

Rezonans devrelerinde Q yüklü ve yüksüz olmak üzere farklı şekillerde tanımlanır. Yukarıda (1) denkleminde verilen tanım gerçek devreye ait olduğundan, yüklü durumdaki Q tanımıdır. Rezonans devresinin yüklü Q değeri, kaynak ve yük dirençleri ile eleman Q'larına bağlıdır. Endüktans kalite faktörü, endüktans değerinin seri kolundaki kayıp direncine oranı olarak tanımlanmaktadır. Benzer tanım, kondansatör için de geçerli, ancak bu kez seri kayıp direnç yerine kondansatör eş değer seri direnç kullanılmaktadır. Bunun sebebi; kondansatörün eş değerinde hem seri hem de paralel kayıp dirençleri bulunmasıdır.

UYGULAMA FAALİYETİ

İşlem Basamakları	Öneriler
Rezonans devrelerini tanımak	Seri ve paralel devrelerde reaktans ve empedans hesaplamaları anlatılır.
Rezonans hesabı yapmak	Rezonans koşulu anlatılır. Köklü ve üslü işlemlerin yapılışı hatırlatılır.
Rezonans devresinin arızasını gidermek	Aktif filtreler ve çalışması anlatılır. Frekans bandı ile çalışma anlatılır.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları cevaplayarak faaliyette kazandığınız bilgi ve becerileri ölçünüz.

A. FAALİYET ÖLÇME SORULARI

Aşağıdaki soruların cevaplarını doğru veya yanlış olarak değerlendiriniz.

1. () Bobinler ve kondansatörler kaynak durumundaki AC üreticinin frekansına göre değişen bir direnç gösterir. Bu zorluğa empedans denir.
2. () Kondansatör bir R direnci üzerinden şarj olurken, uçlarındaki gerilimin, U besleme geriliminin % 63,2'sine çıkması için geçen zamana bir zaman sabitesi denir.
3. () Alıcının AA kaynağa gösterdiği zorluk birden fazla olduğu zaman bileşke zorluğa reaktans adı verilir.
4. () Saf indüktif devrede V gerilimi akımdan 90° ileridedir.
5. () $XL = XC$ anında ise devre omik özellik gösterir.
6. () Q katsayısı büyük olan devrelerin seçiciliği daha kötüdür.
7. () Paralel R - L - C devresinin empedansı rezonans anında $Z = R$ olup en büyük değerdedir.
8. () Rezonans anında kondansatör ve bobin üzerindeki gerilim kaynak geriliminden fazladır.
9. () Uygulamada empedans uygunlaştırma için ,transformatör kuplajı kullanılır.
10. () Filtreler kullanılarak bir devrenin çıkışından alınan sinyallerin yüksek, düşük ya da belli aralıktaki değerleri bastırılamaz.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız ve doğru cevap sayınızı belirleyerek kendinizi değerlendiriniz. Yanlış cevapladığınız konularla ilgili öğrenme faaliyetlerini tekrarlayınız.

B. UYGULAMALI TEST

Bir arkadaşınızla birlikte yaptığınız uygulamayı değerlendirme ölçeğine göre değerlendirerek, eksik veya hatalı gördüğünüz davranışları tamamlama yoluna gidiniz.

DEĞERLENDİRME ÖLÇEĞİ

DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ	Evet	Hayır
Reaktans ve empedans kavramlarını tanımlayabildiniz mi ?		
RLC devrelerinde akım, gerilim, faz üçgenini çizebildiniz mi ?		
Rezonansı etkileyen faktörleri anladınız mı?		
Kalite faktörü ile bant genişliği arasındaki ilişkiyi anladınız mı?		
Empedans uygunlaştırma işlemini anladınız mı ?		
Bir filtrenin karakteristik eğrisini yorumlayabildiniz mi ?		
DÜZENLİ VE KURALLARA UYGUN ÇALIŞMA		
Mesleğe uygun kıyafet (önlük) giydiniz mi?		
Çalışma alanını ve aletleri tertipli-düzenli kullandınız mı?		
Zamanı iyi kullandınız mı?		

DEĞERLENDİRME

Yaptığınız değerlendirme sonunda hayır şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Eksikliklerinizi araştırarak ya da öğretmeninizden yardım alarak tamamlayabilirsiniz. Cevaplarınızın tamamı evet ise bir sonraki faaliyete geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-2

AMAÇ

Temel elektronik devreleri bilecek ve bunların arızalarını giderebileceksiniz.

ARAŞTIRMA

Bu faaliyet öncesinde yapmanız gereken öncelikli araştırmalar şunlardır:

- Doğrultma devreleri, yükselteçler, osilatörler ve modülasyon hakkında bilgi toplayınız.
- Lojik devreler hakkında bilgi toplayınız.

Araştırma işlemleri için internet ortamında araştırma yapmanız, elektronik kitaplarını okumanız ve teknik servislerden ön bilgi almanız gerekmektedir.

2. TEMEL ELEKTRONİK DEVRELER

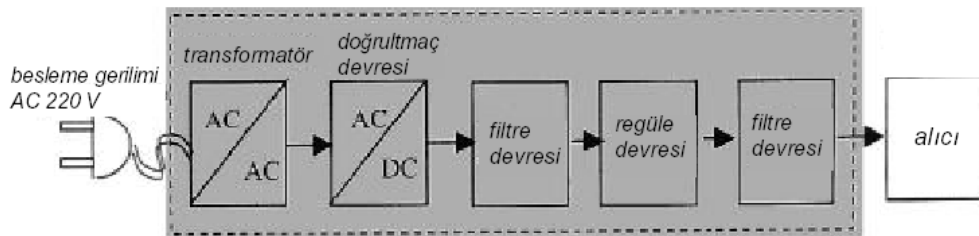
2.1. Doğrultmaçlar ve Güç Kaynakları

Elektronik devrelerin birçoğunun çalışması için tek yönlü olarak dolaşan (DC, DA) akıma gerek vardır. Bu bölümde doğru akım üreten devreler incelenecektir.

Uygulamada DC üreteçlerine, doğrultmaç, doğrultucu, adaptör, güç kaynağı, redresör gibi adlar verilmektedir.

2.1.1. AC'yi DC'ye Dönüştüren Devreler (Redresörler)

Elektronik cihazların çoğunluğu DC ile çalışır. Konutlarda ise AC 220 V'luk gerilim vardır. DC gerilim, pil, akü, dinamo gibi araçlardan başka doğrultmaçlarla da elde edilebilir.



Şekil 2.1: Güç kaynağının blok diyagramı

Güç kaynakları, transformatör, doğrultucu (AC/DC dönüştürücü), 1. filtre, regülatör (gerilim sabitleyici) ve 2. filtre devrelerinin birleşiminden oluşur. Şekil 2.1' de AC'yi DC'ye çeviren güç kaynaklarının blok şeması verilmiştir.

AC/DC dönüştürme işleminde tek yönlü olarak akım geçiren kristal diyotlar (1N4001, 1N4002, 1N5400 vb. gibi) kullanılır. Diyotlar AC'yi DC'ye çevirebilir. Ancak bu DC istenilen şekilde düzgün değildir.

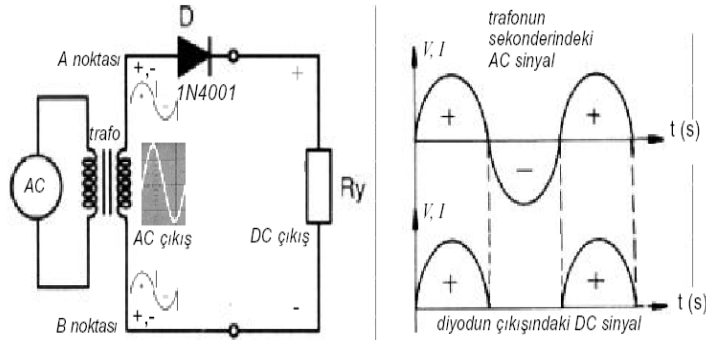
Filtre devreleri diyotların çıkışındaki salınımlı DC'yi filtre ederek düzgülendirmeye yarar. Uygulamada filtre devresi olarak kondansatör ve şok bobinleri kullanılır.

Regüle devreleri kararlı ve düzgün bir DC gerilim oluşturur. Uygulamada kullanılan regüleli güç kaynaklarında regüle edici olarak zener diyotlu ya da regülatör entegreli devreler karşımıza çıkar.

2.1.1.1. Bir Diyotlu Yarım Dalga Doğrultmaç Devresi

AC'yi DC'ye çeviren tek diyotlu devredir. Yarım dalga doğrultmaç devresinde çıkış sinyali tam düzgün olmaz.

Bir diyotlu yarım dalga doğrultmaç devresinin çalışmasını anlayabilmek için bazı hatırlatmalar yapmamız gerekiyor. Şöyle ki; bilindiği üzere trafoların çıkışında zamana göre yönü ve şiddeti sürekli olarak değişen dalgalı bir akım vardır. Yani AC sinyalin akış yönü saniyede 100 kez değişmektedir. Trafonun çıkışındaki değişken akım, pozitif ve negatif olmak üzere iki alternanstan oluşmuştur. Diyotlar tek yönlü olarak akım geçirdiğinden trafonun çıkışındaki sinyalin yalnızca pozitif alternansları alıcıya ulaşabilmektedir.



Şekil 2.2: Bir diyotlu yarım dalga doğrultmaç devresi

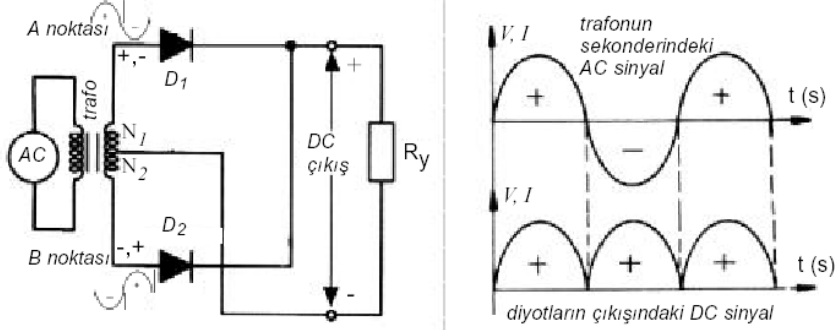
Bu temel bilgilerden hareket ederek yarım dalga doğrultmaç devresinin çalışmasını şu şekilde ifade edebiliriz: Şekil 2.2' de verilen devrede görüldüğü gibi trafonun üst ucundaki (A noktası) sinyalin polaritesi pozitif olduğunda diyottan ve alıcı üzerinden akım geçer.

Trafonun üst ucundaki sinyalin polaritesi negatif olduğunda ise diyot akım geçirmez (kesimde kalır). Sonuçta alıcıdan tek yönlü akım geçişi olur. Alıcıya seri olarak DC akım ölçebilen bir ampermetre bağlanacak olursa 2. orta uçlu trafolu tam dalga doğrultmaç devresi AC'nin her iki alternansının da alıcıdan tek yönlü akarak geçmesini sağlayan devredir. Bu tip bir devrenin kurulabilmesi için orta uçlu trafoya gerek vardır.

2.1.1.2. Tam Dalga Doğrultma Yapan Devreler

➤ 2.1.1.2.1. Orta Uçlu Trafolu Tam Dalga Doğrultmaç Devresinin Çalışma İlkesi

Şekil 2.3' te verilen devrede görüldüğü gibi trafonun üst ucunda (A noktası) pozitif polariteli sinyal oluştuğunda D1 diyodu ve alıcı üzerinden akım geçişi olur. Trafonun alt ucunda (B noktası) pozitif polariteli sinyal oluştuğunda ise D2 diyodu ve alıcı üzerinden akım geçişi olur.

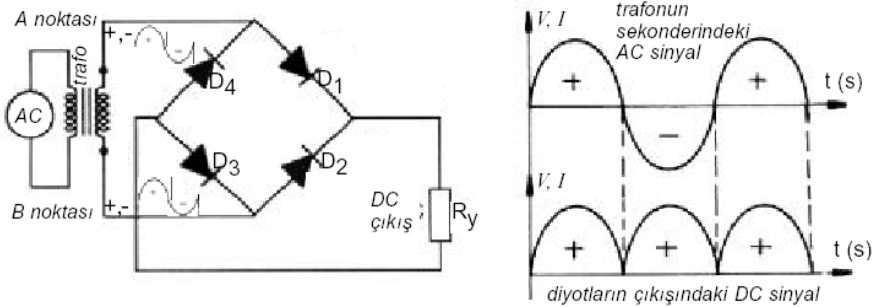


Şekil 2.3: Orta uçlu trafolu tam dalga doğrultmaç devresi

Görüldüğü üzere diyotlar sayesinde alıcı üzerinden hep aynı yönlü akım geçmektedir. Ve bu da DC akımdır.

➤ 2.1.1.2.2. Köprü Tipi Tam Dalga Doğrultmaç Devresi

AC'yi en iyi şekilde DC'ye dönüştüren devredir. Her türlü elektronik cihazın besleme katında karşımıza çıkar.



Şekil 2.4: Köprü tipi tam dalga doğrultmaç devresi

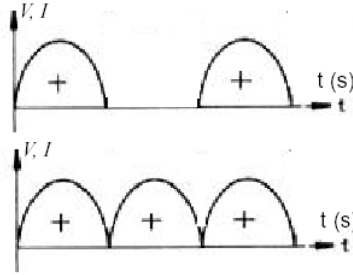
Köprü diyotlu tam dalga doğrultmaç devresinin çalışma ilkesi:

Şekil 2.4' te verilen devrede görüldüğü gibi trafonun sekonder sarımının üst ucunun (A noktası) polaritesi pozitif olduğunda D1 ve D3 diyotları ilettime geçerek R_y üzerinden akım dolaşır. Trafonun sekonder sarımının alt ucunun (B noktası) polaritesi pozitif olduğunda ise D2 ve D4 diyotları ilettime geçerek R_y üzerinden akım dolaşır.

2.1.2. Doğrultmaç Devrelerinden Alınan DC'yi Tam Doğru Akım Hâline Getirici Filtreler

Doğrultmaç devrelerinde trafonun çıkışına bağlanan diyotlarla iki yönlü olarak dolaşan akım tek yönlü hâle getirilir. Ancak diyotlar akımı tam olarak doğrultamaz. Yani elde edilen DC dalgalıdır (nabazanlıdır, değişken doğru akımdır). Bu da alıcıların düzgün çalışmasını engeller. İşte, çıkışı tam doğru akım hâline getirebilmek için kondansatör ya da bobinler kullanılarak filtre devreleri yapılmıştır.

Zamana göre yönü değişmeyen, ancak değeri değişen akıma denir. Yarım ve tam dalga doğrultmaçların filtresiz çıkış sinyallerine nabazanlı DC, ondülasyonlu DC gibi adlar da verilir. Şekil 2.5' te değişken doğru akıma ilişkin örnekler yer verilmiştir.

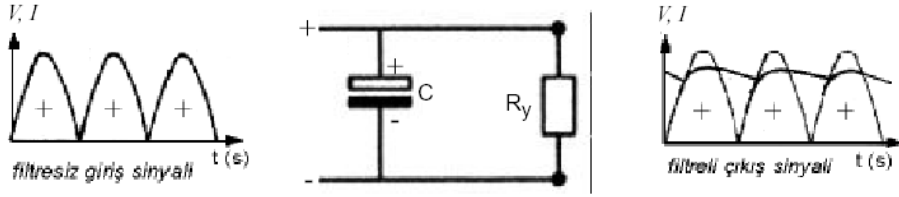


Şekil 2.5: Değişken doğru akıma ilişkin örnekler

2.1.2.1. Doğrultmaçlarda Kullanılan Filtre Çeşitleri

➤ 2.1.2.1.1. Kondansatörlü Filtre

Doğrultmaç devresinin çıkışına paralel bağlı olan kondansatör çıkış sinyalini filtre ederek düzgünleştirir. Şekil 2.6' da görüldüğü gibi diyottan geçen pozitif alternans maksimum değere doğru yükselirken kondansatör (C) şarj olur. Alternans sıfır (0) değerine doğru inerken ise C1, üzerindeki yükü (akımı) alıcıya (R_y) verir. Dolayısıyla alıcıdan geçen doğru akımın biçimi (şekli) daha düzgün olur. Osilaskopla yapılacak gözlemlerde bu durum görülebilir.



Şekil 2.6: Kondansatörlü filtre

Filtre olarak kullanılan kondansatörün kapasite değeri büyük olursa çıkıştan alınan DC daha düzgün olur. Doğrultmaç devrelerinde alıcının çektiği akım göz önüne alınarak 470-38.000 μF arası kapasiteye sahip, elektrolitik tip kondansatörler kullanılır.

Pratikte, 1 A çıkış verebilen bir doğrultmaç devresinin çıkışına 1000-2200 μF 'lık kondansatör bağlanmaktadır. Yani, kullanılacak kondansatörün kapasite değeri alıcının çektiği akıma bağlıdır.

Filtre olarak kullanılan kondansatörün çıkış gerilimini yükseltmesinin sebebi, kondansatörler AC'nin maksimum değerine şarj olur. AC'nin maksimum değeri etkin değerden % 41 fazla olduğundan, doğrultmaçın çıkışındaki DC, girişteki AC gerilimden yaklaşık % 41 oranında daha yüksek olur.

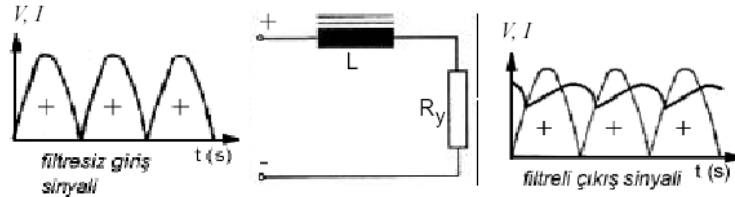
Devrenin çıkışına yük bağlanınca gerilimdeki bu yükselme düşer. Örneğin 12 V çıkış verebilen bir trafo kullanılarak tam dalga doğrultmaç devresi yapılırsa, devrenin çıkışına alıcı bağlı değilken yapılan ölçümde voltmetre 16-17 V'luk bir değer gösterir.

Çünkü, 12 V'luk AC'nin maksimum değeri $V_{\text{maks}} = V_{\text{etkin}} \cdot 1,41 = 16,92 \text{ V}$ 'tur.

2.1.2.1.2. Bobinli Filtre

Bobinler, üzerlerinden geçen dalgalı akımların değişmelerine (salınım yapmasına) karşı koyar. Şekil 2.7' de görüldüğü gibi diyotların çıkışına bağlanan bobin, dalgalı (titreşimli) olan DC sinyalin azalıp çoğalmasını belli oranda önleyerek çıkışa bağlı olan alıcıdan daha düzgün akımın geçmesini sağlar.

Bobinin filtreleme (süzme) işlemini yapma şekli:



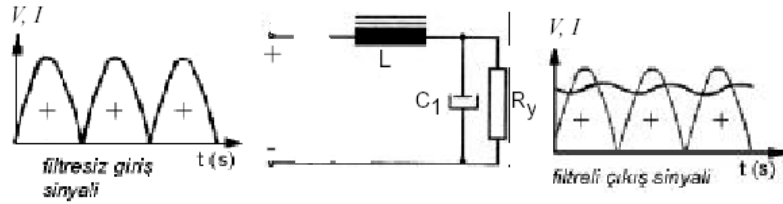
Şekil 2.7: Bobinli filtre

Bobinlere değişken özellikli akım uygulandığında sargıların etrafında bir manyetik alan oluşur. Bu alan, kendisini oluşturan etkiye (akıma) karşı koyar. Yani yükselen giriş akımını bastırır. Uygulanan akım kesilince ise bobin etrafındaki alanın aniden sıfır değerine doğru azalması sebebiyle bobinde bir gerilim (EMK) oluşur. Bu EMK, şebekenin geriliminde yükseltme etkisi yapar.

Yani, diyodun çıkışında bulunan dalgalı (salınımlı) akım sıfırdan itibaren yükselirken bobin bunu bastırmaya çalışır. Akım tepe değerinden sıfıra doğru inerken ise bobin bir EMK oluşturarak alıcıya giden gerilimi yükseltmeye çalışır.

Süzgeç olarak kullanılan bobinler (şok bobini), ince çelik sacların ya da ferritten yapılmış nüvelerin üzerine sarılmış izoleli iletkenlerden oluşur. Bobinde kullanılan iletkenin kesiti ve sarım sayısı devrenin akımına bağlı olarak değişir.

2.1.2.1.3. Bobin ve Kondansatörlü (L-C) Filtre



Şekil 2.8: Bobin ve kondansatörlü (L-C) süzgeç

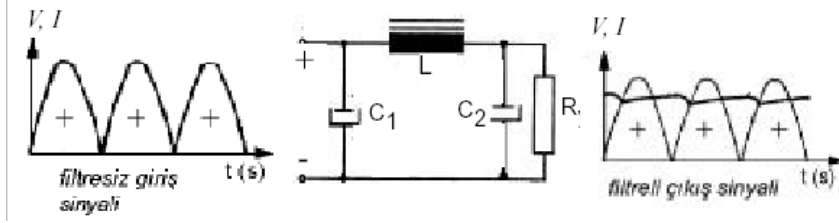
Bobin ve kondansatör Şekil 2.8' de görüldüğü gibi bir arada kullanıldığında çıkıştan alınan DC daha düzgün olur. Filtre devresindeki bobin çıkıştaki titreşim (salınım) oranını biraz düşürür. Daha sonra kondansatör dolup boşalarak alıcıya giden akımın çok düzgün hâle gelmesini sağlar.

➤ 2.1.2.1.4. Kondansatör Bobin Kondansatörlü (CLC, π tipi) Filtre

En iyi süzgeç devresidir. Hassas yapılı ve kaliteli devrelerin çıkışının filtre edilmesinde kullanılır.

Diyotların çıkışından gelen dalgalı (salınımlı) akım, CLC'den oluşan süzgeç devresinden geçerken üç etkiye maruz kalarak düzgün bir akıma dönüşür.

CLC filtrenin çalışma ilkesi



Şekil 2.9: Kondansatör bobin kondansatörlü (CLC, π tipi) filtre

Şekil 2.9' da görüldüğü gibi devrenin girişine gelen salınımlı DC, C1 tarafından biraz düzgülendirilir.

Ardından bobin, kendine has özelliğinden dolayı, yükselmek isteyen sinyalleri bastırırken, alçalmak isteyen sinyalleri ise yükseltir. Bobinden sonraki noktada DC özellikli sinyaller oldukça düzelmiş bir hâle gelir. Çıkışta bulunan C2, sinyallerin filtreleme işlemini bir kez daha yaparak elde edilen DC'nin tam düzgün hâle gelmesini sağlar.

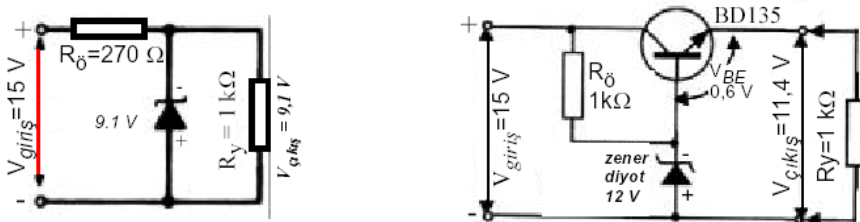
2.1.3. DC Güç Kaynaklarında Kullanılan Regülatör Devreleri

Değişik değerlerde akımlar çeken devrelerden oluşan elektronik cihazlardaki akım değişikliği, aygıtı besleyen güç kaynağının çıkış geriliminde değişiklik yapar. Hâlbuki güç kaynaklarının çıkış geriliminin sabit kalması istenir. İşte bu sakıncayı gidermek için regüleli güç kaynakları yapılarak, değişken akımlara karşı çıkış geriliminin sabit kalması sağlanmaktadır.

Hassas yapıda olan elektronik cihazlara sabit değerli DC sağlamak için çeşitli tiplerde regüle devreleri geliştirilmiştir.

2.1.3.1. Zener Diyotlu Basit Paralel Regülatörler

Şekil 2.10' da verilen basit paralel regülatör devresinde giriş gerilimi 15 V olmasına karşın çıkış gerilimi 9,1 V olmaktadır. Devrede kullanılan zener diyot 12 V olur ise çıkış 12 V olmaktadır. Yani, giriş gerilimi değişse bile, çıkış hep sabit kalmaktadır.

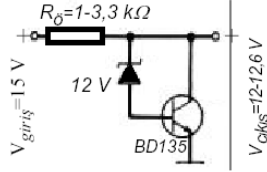


Şekil 2.10: Zener diyotlu basit paralel regülatör

Devrede zener diyodu aşırı akıma karşı korumak için kullanılan R0 direncinin değeri: $R_0 = (V_{giriş} - V_{zenerdiyot}) / I_z$ [:] denklemiyle hesaplanır.

2.1.3.2. Transistör ve Zener Diyotlu Seri Regülatörler

Seri regülatör devreleri NPN ya da PNP transistör kullanılarak yapılabilir.



Şekil 2.11: Transistör ve zener diyotlu seri regülatör

Şekil 2.11' de verilen NPN transistörlü devrede kullanılan ön direnç (R_0) zener diyodu ve transistörün beyzini aşırı akıma karşı korur.

Girişe DC uygulanınca, zener diyot üzerinde sabit bir gerilim oluşur. Bu gerilim, transistörün beyz ucunu tetikler. Tetiklenen transistör ise ilettime geçerek çıkışa bağlı alıcıyı besler. Giriş gerilimi değişse bile zener diyot sayesinde çıkış aynı kalır. Bu tip devrelerde transistör alıcıya seri bağlıdır. Çıkış uçları kısa devre edilirse devreden aşırı akım geçer ve transistör bozulur.

2.1.3.3. Transistörlü Paralel (Şönt) Regülatörler

Şekil 2.11'de verilen devreye uygulanan giriş gerilimi yükselince çıkış da yükselir. Bu da alıcıya paralel bağlı olan transistörün beyz ucuna bağlı zener diyodu ilettime sokarak transistörün ilettime geçmesine sebep olur. İletken olan transistör artı uçtan eksi uca doğru belli bir akım geçirir.

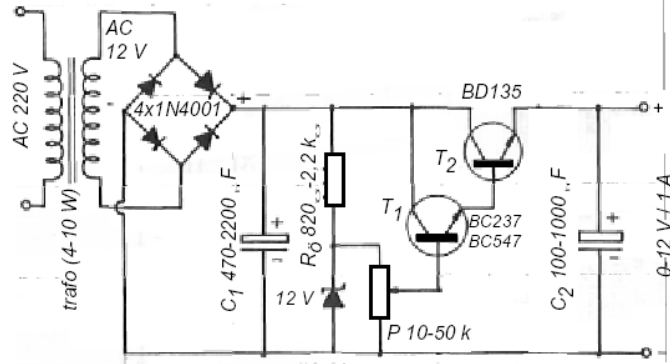
Transistörün şaseye doğru ilave bir akım geçirmesi R_0 direncinden geçen akımı artırıcı etki yapar. R_0 'den geçen akımın artması bu elemanın üzerinde düşen gerilimi yükseltir. R_0 'nün üzerinde düşen gerilimin artması çıkışa bağlı olan alıcıda düşen gerilimin azalmasına yol açar. Bu sayede alıcıya yüksek gerilim gitmesi önlenmiş olur.

Paralel regülatör devreleri çıkış gerilimini çok hassas olarak sabit tutamadığından uygulamada pek tercih edilmez.

2.1.4. Transistörlü Regüleli DC Güç Kaynaklarıyla İlgili Uygulanmış Devreler

2.1.4.1. 12 V Sabit Çıkışlı Seri Regüleli Güç Kaynağı Devresi

Şekil 2.12' de verilen devrede trafo AC'yi düşürür, diyotlar doğrultur, kondansatör filtre eder, R_0 , zener diyodu ve transistörün beyz ucunu aşırı akıma karşı korur, zener diyot sabit bir gerilim oluşturur, transistör zener diyottan aldığı sabit polarma gerilimiyle ilettime geçerek alıcıyı besler. Devrede 12 V'luk zener diyot ve silisyum transistör kullanıldığı için çıkış gerilimi 11,4 - 12 V olur. 0,6 V'luk gerilim transistörün B-E uçları arasında düşer.



Şekil 2.12: 12 V sabit çıkışlı seri regüleli güç kaynağı devresi

Not: Çıkış uçları kısa devre olursa transistör bozulur.

2.1.4.2. 0-12 V Ayarlı Çıkışlı Darlington Bağlantılı DC Güç Kaynağı

Şekil 2.12' de görülen devre amatör çalışmalar için çok iyi sonuç vermektedir. Trafo 10 W'lık olursa çıkış akımı 1 A'ya yakın olmaktadır.

Şekil 2.12' de 0-12 V ayarlı güç kaynağı devresinde bulunan elemanlarının görevleri:

Trafo AC'yi düşürür. Diyotlar AC'yi DC'ye çevirir. C1 kondansatörü salınımlı sinyalleri filtre eder. Rö zener diyodu ve T1 transistörün beyzini aşırı akıma karşı korur. Zener 12 V'luk sabit bir gerilim oluşturur. Pot zener diyottan aldığı 12 V'luk gerilimi bölerek T1 transistörünün beyzine verir. T1 transistörü ilettime geçerek T2 transistörünü sürer. T2 ilettime geçtiğinde ise alıcıya akım gitmeye başlar.

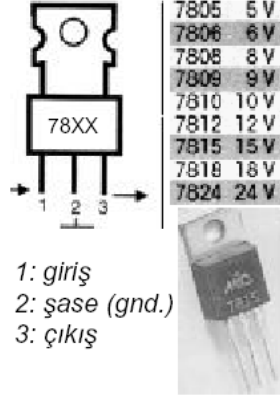
2.1.5. Entegre Gerilim Regülatörleri

DC güç kaynağı devrelerinde montaj kolaylığı sağlamak için bir çok elektronik devre elemanı (zener diyot, transistör, direnç vb.) bir gövde içinde birleştirilerek DC regülatör entegreleri yapılmıştır.

Güç kaynaklarında şebeke gerilimi transformatör ile düşürülür, diyotlarla doğrultulur, filtrelerle düzleştirilir. Daha sonra regülatör entegreleriyle sabitleştirilerek alıcılar beslenir.

Regülatör entegresi çeşitleri:

2.1.5.1. Pozitif Çıkışlı Gerilim Regülatörleri



Şekil 2.13: Pozitif (+) çıkışlı gerilim regülatörleri

Şaseye göre pozitif DC verir. Uygulamada yaygın olarak kullanılan tipler, 78XX, TDD16XX serisi şeklinde olup 2-24 V arası çıkış veren modelleri yaygındır.

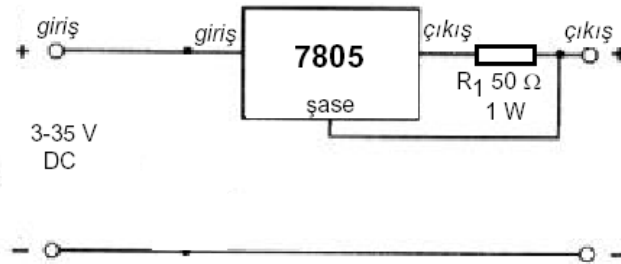
78XX serisi regülatör entegrelerinin çıkış akımları çeşitli değerlerde (100 mA, 500 mA, 1 A, 2 A... gibi) olurken, TDD16XX serisi entegrelerin çıkış akımı 500 mA'dır.

78XX serisi pozitif çıkışlı regülatör entegrelerinin çeşitli tiplerinin özellikleri *78MXX serisi regülatörlerin çıkış akımı 0,5 A'dır.

Çeşitleri: 78M05 (5V), 78M06, 78M08, 78M09, 78M10, 78M12, 78M15, 78M18, 78M24 *78XX serisi regülatörlerin çıkış akımı 1 A'dır.

Çeşitleri: 7805, 7806, 7808, 7809, 7810, 7812, 7815, 7818, 7824

Regülatör entegrelerinin sabit akım kaynağı olarak kullanılması



Şekil 2.14: Regülatör entegrelerinin sabit akım kaynağı olarak kullanılması

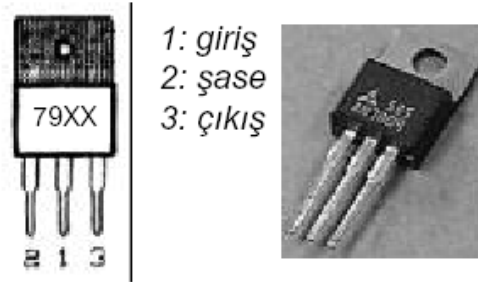
78XX serisi gerilim regülatörleri sabit akım veren eleman olarak da kullanılabilir. Bunu yapabilmek için entegrenin çıkışına seri olarak direnç eklenir. Elemanın şasesi ise eksi uca değil, entegreye seri olarak bağlanan direncin çıkışına bağlanır.

Örneğin, 7805 adlı regülatör entegresinin şase ucu Şekil 2.14' te görüldüğü gibi 50 ohm' luk seri direnç ile birlikte pozitif çıkışa bağlanacak olursa çıkış akımı,

$$I_{\text{çıkış}} = V/R = 5/50 = 0,1 \text{ A} = 100 \text{ mA olur.}$$

Not: Sabit akım çıkışlı devrelerin kullanım alanlarından birisi pil şarj devreleridir.

2.1.5.2. Negatif Çıkışlı Gerilim Regülatörleri



Şekil 2.15: Negatif (-) çıkışlı gerilim regülatörleri

78XX serisinin aynısıdır. Sadece çıkış gerilimi şaseye göre negatif olur. Yaygın olarak kullanılan çeşitleri: 7905, 7906, 7908, 7909, 7912, 7915, 7918, 7924'tür.

2.1.5.3. Kademeli Çıkış Veren Regülatör Entegreli Devreler

Regülatör entegrelerinde şaseye giden uca bağlanan zener diyot, doğrultmaç diyodu ya da dirençlerle devrenin çıkış gerilimi değiştirilebilir.

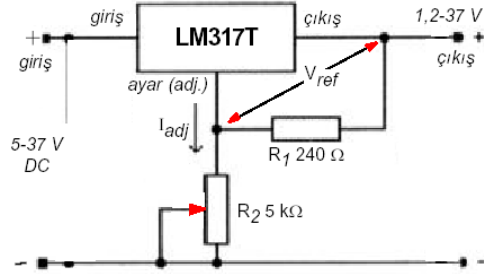
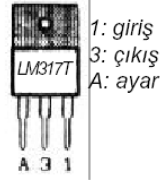
LM317T entegreli, kademeli çıkışlı DC güç kaynağı

Şekil 2.16'da LM317T regülatör entegreli kademeli güç kaynağı devresinde çıkış geriliminin değeri, $V_{\text{çıkış}} = V_{\text{ref}} \cdot (1 + R2/R1) + I_{\text{ADJ}} \cdot R2$ [V] denklemiyle bulunabilir.

Denklemden, $R2 = (V_{\text{çıkış}} - V_{\text{ref}}) / (I_{\text{ADJ}} + V_{\text{ref}}/R1)$, $V_{\text{ref}} = 1,25 \text{ V}$, $I_{\text{ADJ}} = 50-100 \mu\text{A}$ 'dir.

2.1.5.4. Ayarlı Çıkış Veren Regülatör Entegreli Devreler

Bu tip regülatör entegreleriyle çıkış gerilimi geniş bir sınır içinde ayarlanabilmektedir. Şekil 2.16' da LM317T'li 1,2-37 V ayarlı çıkışlı güç kaynağı devresi verilmiştir.



Şekil 2.16: Ayarlı çıkış veren regülâtör entegreli devreler

LM317T kodlu regülâtör entegresi 1 A çıkış akımı ve 1,2-37 V arası ayarlı, regüledi çıkış gerilimi verebilmektedir. Ayrıca bu regülâtör entegresinin içinde kısa devre koruması da vardır. Entegrenin girişine uygulanabilecek gerilim, 5 ile 37 V arasında değişebilir. LM317T regülâtör entegresiyle yapılan ayarlı güç kaynağı devresinde çıkış geriliminin değeri,

$$V_{\text{çıkış}} = V_{\text{ref}} \cdot (1 + R_2/R_1) + I_{\text{ADJ}} \cdot R_2 \text{ [V] denklemleriyle bulunur.}$$

$$\text{Denklemlerde, } V_{\text{ref}} = 1,25 \text{ V, } I_{\text{ADJ}} = 50\text{-}100 \text{ } \mu\text{A'dir.}$$

Örnek: $R_1 = 240 \text{ } \Omega$, $R_2 = 2,4 \text{ k}$: olduğunda çıkış kaç volt olur?

$$\text{Çözüm: } V_{\text{çıkış}} = 1,25 \cdot (1 + 2400 / 240) + 0,0001 \cdot 2400 = 13,75 \cdot 0,24 = 13,99 \text{ V}$$

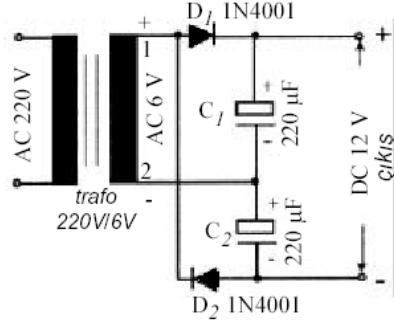
2.1.6. Gerilim Katlayıcılar (Çoklayıcılar)

Gerilim katlayıcılar, girişe uygulanan AC sinyali çıkışa katlayarak yansıtan ve bu gerilimi DC'ye dönüştüren devrelerdir. Katlayıcı devrelerinde kullanılan diyot ve kondansatörler ucuz olduğundan ve transformatöre göre az yer kapladığından tercih edilir. Ancak diyot ve kondansatörlerle yapılan katlayıcıların çıkış akımı azdır. Televizyon, bilgisayar ekranı gibi elektronik aygıtlarda gereken yüksek gerilimi elde etmek için gerilim katlayıcılar kullanılır. Bu aygıtlarda kullanılan katlayıcılar pratikte kaskad olarak adlandırılır.

Gerilim katlayıcı çeşitleri şunlardır:

2.1.6.1. Tam Dalga Gerilim İkileyiciler

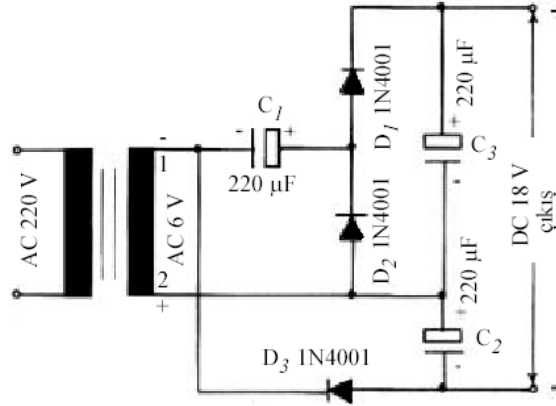
Şekil 2.17' de verilen devrede alternatif akımın birinci alternansının polaritesi şemada gösterildiği gibi işaretlenirse, D1 diyodu doğru polarmalı olduğundan ilettime geçerek C1 kondansatörünü trafonun sekonder sargı geriliminin tepe (maks) değerine şarj eder. D1 diyodu iletimdeyken, D2 diyodu ters polarmalı olduğundan kesimde (yalıtımda) kalır.



Şekil 2.17: Tam dalga gerilim ikileyiciler

İkinci alternansta trafonun çıkışındaki polariteler (1-2) yer değiştirir. Bu durumda D1 diyodu yalıtımda kalırken, D2 diyodu uygun polaritede olduğundan ilettime geçerek C2 kondansatörünü sekonder geriliminin tepe değerine şarj eder. C1 kondansatörü sekonder sargının AC geriliminin pozitif alternansı ile, C2 kondansatörü ise negatif alternans ile şarj olmuş durumdadır. C1 ve C2 kondansatörleri birbirine seri bağlı pil gibi olduklarından, devrenin çıkışında giriş geriliminin iki katı değerinde bir DC gerilim oluşur. Bu tip devrenin pratik bir kullanımı şu olabilir: Elde var olan AC 6 V çıkışlı bir trafonun gerilimi ikileyici ile DC 12 V yapılabilir. Ancak, gerilim artarken çıkıştan alınabilecek akımın da % 50 oranında azalacağı unutulmamalıdır.

2.1.6.2. Gerilim Üçleyiciler

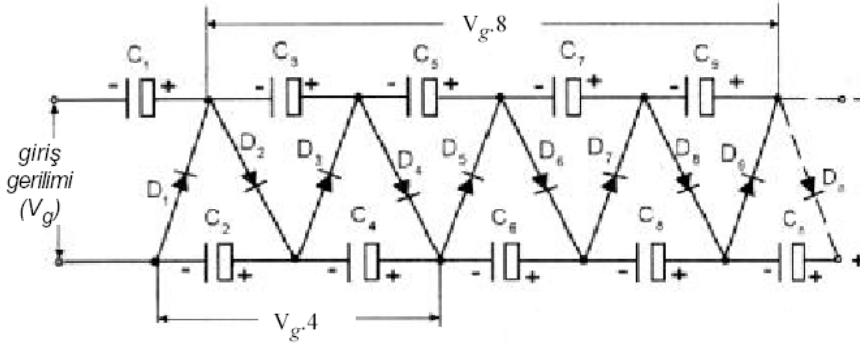


Şekil 2.18: Gerilim üçleyiciler

Devrede sekonder geriliminin birinci alternansının polaritesi Şekil 2.18’ de gösterildiği gibi işaretlenirse, D1 diyodu ters polarmalı olduğundan yalıtımda kalırken, D2 ve D3 diyotları ilettime geçerek C1 ve C2 kondansatörlerini şarj eder. Sekonder geriliminin ikinci alternansında polariteler (+, -) yer değiştireceğinden, C1 kondansatörü, sekonder geriliminin bu alternansı ile seri duruma geçer. D1 diyodu iletimde olacağından, C3 kondansatörü C1 kondansatörü ve sekonder geriliminin toplamına (U_{sekonder}+U_{C1}) şarj olur. C2 ve C3 kondansatörleri seri bağlı iki pil gibidir. C3’ün üzerindeki gerilim C2’nin üzerindeki gerilimden iki kat daha yüksek olduğundan çıkışa bağlı alıcı üzerinde giriş geriliminin üç katı büyüklükte DC gerilim görülür.

2.1.6.3. Gerilim n'leyiciler

Gerilim katlayıcı devrelerinde kondansatör ve diyot sayısını uygun gerilimli ve uygun kapasiteli olmak koşuluyla ne kadar artırırsak çıkıştan o kadar yüksek gerilim elde edebiliriz.



Şekil 2.18: Gerilim n'leyiciler

Bu sebeple çokluğu ifade edebilmek için gerilim n'leyici kavramı kullanılır. Örneğin gerilimi 8 kat yükseltmek istersek devrede uygun gerilimli 8 adet kondansatör ve 8 adet diyot kullanmamız gerekir.

Aslında gerilim n'leyici devreleri gerilim ikileyici devrelerinin arka arkaya bağlanmasıyla oluşturulmaktadır. Şekil 2.18' de verilen şemada C1 kondansatörü $V_{giriş}$ gerilimi değerine şarj olurken, bundan sonraki bütün kondansatörler $2.V_{giriş}$ değerine şarj olmaktadır.

Devrede C2, C4, C6, C8 kondansatörlerinde bulunan $2.V_{giriş}$ değerindeki voltajlar toplanacak olursa çıkışın $8.V_{giriş}$ değerinde olduğu görülür.

2.2. Amplifikatörler (Yükselteçler)

2.2.1. Yükselteçlerde Çalışma Sınıfları

Bir transistordan yükselteç olarak yararlanabilmek için şu üç temel bağlantı şekline biri uygulanır:

- Emiteri ortak bağlantılı yükselteç
- Beyzi ortak bağlantılı yükselteç
- Kolektörü ortak bağlantılı yükselteç

Bir transistörden gerektiği şekilde yararlanabilmek için çalışma şartlarındaki özelliklerini daha yakından tanımak gerekir. Bir devrede kullanılacak transistörün doğru seçilmesi çok önemlidir. Örnek: Devre, değişik frekansta ve değişik sıcaklık ortamında kullanılacak olabilir. Ses frekansında kullanılacak bir yükselteç olduğu gibi yüksek frekanslar da (radyo frekansı) kullanılacak bir yükselteç de olabilir.

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

Uygulamaya dönük olarak, kullanılma yerine göre değişik yapıdaki yükselteçleri şöyle sınıflandırabiliriz:

- A sınıfı gerilim yükselteci
- Faz tersleyiciler
- Güç yükselteçleri
 - A sınıfı yükselteç
 - B sınıfı (push pull) yükselteç
 - AB sınıfı yükselteç
 - Simetrik yükselteç
 - C sınıfı yükselteç
- Darlington bağlantılı yükselteç

2.2.2. Bir Amplifikatör Devresinin dB Kazancının Hesabı

Eğer artarda bağlı birkaç yükselteç kullanılıyorsa, yani kaskat bir bağlantı varsa bu yükselteçlerin toplam kazancı, her bir yükseltecin kazancının çarpımına eşittir.

Bu kural; gerilim, akım ve güç kazançlarının hepsi için de geçerlidir. Örneğin: Art arda bağlı üç yükselteç katı bulunsun. Bunların gerilim kazançları, KV1, KV2, KV3 olsun.

Toplam gerilim kazancı: $KVT = KV1 * KV2 * KV3$ olur. Bilindiği gibi, $KV = VÇ / Vg$ idi.

Kaskat bağlantıda, bir sonraki katın giriş gerilimi bir önceki katın çıkış gerilimi olmaktadır. Tek veya çok katlı bir ses frekansı yükselteci düşünülün. Bu yükselteçte önemli olan, ses frekansındaki işaretin kuvvetlendirilmesidir. Bu işarete ait AC gerilim, akım ve güç kazançları vardır. Kazancın bir mutlak değeri bir de açısı söz konusudur:

Örneğin, bir AC gerilim: $v = V_m * \sin w.t$ şeklinde gösterilir. Burada, $w.t = 2\pi ft$ olup, açısal hızı (faz değişimini) göstermektedir.

Çok katlı (kaskat) yükselteçlerde, her taraftaki faz değişimi toplandığından açısal değişim değeri büyümektedir. Yerine göre bu değişimin önemi büyük olacağından dikkate almak gerekir.

Buna göre;

Mutlak değerçe: $|KVT|=|KV1|*|KV2|*|KV3|*$

Açısal değerçe: $JVT(W)=JV1(W)+JV2(W)+JV2(W)+.....$

Aynı yazılım şekli, akım kazancı (KİT) ve güç kazancı (KGT) içinde uygulanabilecektir.

Eğer kazançlar Desibel (dB) cinsinden yazılmak istenirse şöyle olacaktır:

Gerilim için: $NVT(dB) = 20 \log KVT = 20 \log (KV1*KV2*KV3)$
 $= 20 \log KV1+20 \log KV2+20 \log KV3$
 $= NV1+NV2+NV3 (dB)$

Akım için: $NİT(dB)=20 \log KİT = Nİ1+Nİ2+Nİ3 (dB)$

Güç için: $NPT(dB)=10 \log KPT = 10 \log KP1+10 \log KP2+10 \log KP3 = NP1+NP2+NP3 (dB)$

2.2.3. Transistörlü Yükselteçlerde DC ile Polarma Yöntemleri

Küçük genlikli (zayıf) elektrik sinyallerini güçlendirmek için kullanılan devrelere **yükselteç** denir. Mikrofon, anten, teyp okuyucu kafası, pikap iğnesi vb.den gelen zayıf sinyaller transistörlü ya da entegreli yükselteçlerle güçlendirilir. Yükselteç, mikrofon, teyp kafası vb. elemanlardan gelen elektrik sinyallerini büyütüyorsa bu tip devrelere **anfi** (amplifikatör) adı verilir.

Ses sinyallerini yükselten devreler ön yükselteç, sürücü, güç katı gibi devrelerden oluşur. Ön yükselteç (preamplifikatör) katı mikrofon, teyp kafası gibi elemanlardan gelen mikrovolt ile milivolt düzeyindeki zayıf sinyalleri genlik (gerilim) bakımından yükselterek sürücü katına verir. Sürücü katı bu sinyalleri bir miktar daha yükselterek güç katına gönderir.

Bu bölümde, transistörlerle yapılan ses frekans (20 Hz - 20 kHz arası frekanslara sahip sinyaller) yükselteç devrelerinin yapısı, özellikleri ve çalışması hakkında temel bilgiler verilecektir.

Polarma (ön gerilimleme, kutuplama), yarı iletkenlerden yapılmış devre elemanlarının istenilen noktada çalışması için gereken DC gerilim anlamına gelmektedir.

Örneğin silisyumdan yapılmış 1N4001 kodlu doğrultmaç diyodunun iletme geçirilebilmesi için en az 0,5-0,7 voltluk polarma geriliminin uygulanması gerekmektedir.

Aynı şekilde yükselteç devrelerinde kullanılan transistörlerin beyz uçları, dirençler kullanılarak DC ile polarılır. Devrede kullanılan transistörün polarma akım ve geriliminin değeri devrenin çalışma özelliğine göre değişir.

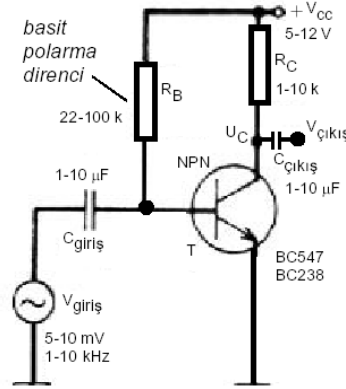
Transistörlü devrelerde polarma işlemi çeşitli biçimlerde yapılır. Her yöntemin kendine göre özellikleri vardır.

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

Transistörler sıcaklığa duyarlı bir elemandır. Ortam sıcaklığının aşırı değişimi, transistörün b akım kazancı, VBE gerilimi ve IC akımının değişmesine sebep olur. Yani devrenin dengesi bozulur.

Transistörlü yükselteç devrelerinde DC polarma yöntemleri:

2.2.3.1. Basit (Sabit Seri) Polarma



Şekil 2.19: Basit (sabit, seri) polarma

Uygulanması kolay bir polarma çeşididir. Yükselteçte kullanılan transistörün beyz ucunu beslemede kullanılan RB direnci VCC kaynağına seri olarak bağlandığından devre seri polarma olarak da adlandırılır.

Basit polarmalı devrenin çalışma noktası sıcaklık artışlarında aşırı derecede değişmektedir. O sebeple basit polarmalı yükselteçler, oda sıcaklığında, düşük kolektör akımı ve gerilimine sahip basit (hassas olmayan, amatör amaçlı) devrelerde kullanılır.

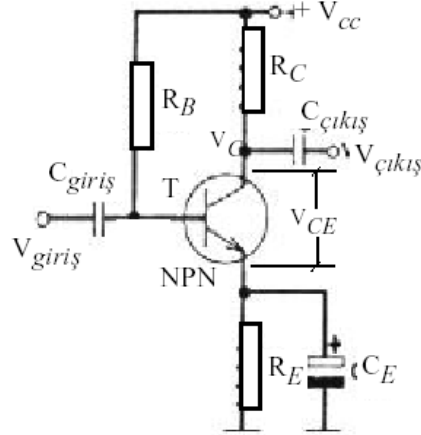
Şekil 2.19' da verilen devrede görüldüğü gibi beyz ucuna bağlanmış olan direnç transistörün girişine DC akım sağlar. RB üzerinden beyze gelen akımın değerine göre C ucundan E ucuna belli bir akım geçişi olur. Beyze uygulanan akım aynı zamanda transistörün C ucundaki gerilimin (VC) değişmesini de sağlar. B ucuna DC akım verilmediği zaman ise C-E arası direnç çok yüksek olur. Bundan dolayı devreye uygulanan UCC geriliminin tamamı C-E arasında düşer. Örneğin VCC = 12 V ise, VC gerilimi de 12 V olur. Beyz (B) ucuna verilen akım arttıkça C-E arası direnç azalacağından VC gerilimi düşmeye başlar.

2.2.3.2. Transistörün Emiter Ayağına Direnç ve Kondansatör Bağlı Basit Polarma (Emiteri Dengelenmiş Polarma)

Şekil 2.20’de görüldüğü gibi, kolektör akımının kararlılığını sağlamak için emiter ayağına seri bir direnç eklenir. Bu direnç R_B direnci üzerinden gelen DC akımların aşırı artmasına karşı geri besleme yapar. Yani beyz akımının fazla artmasını engeller.

R_E direncine paralel bağlı CE kondansatörü AC özellikli akımları RE’den değil kendi üzerinden geçirerek yükselteç kazancını ve çalışma noktasını sabit tutmaya yarar. CE’ye dekulaj (by-pass) kondansatörü adı verilir.

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



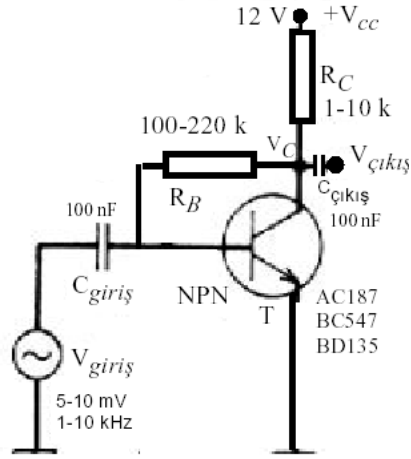
Şekil 2.20: Emiteri dengelenmiş polarma

2.2.3.3. Otomatik (Geri Beslemeli) Polarma

Şekil 2.21’ de verilen devrede bulunan R_B direnci beyz polarma akımını ve DC negatif geri beslemeyi sağlar. Yüksek değerli giriş sinyallerinde beyz akımı ve buna bağlı olarak kolektör akımı artar. Kolektör akımının artması RC uçlarındaki gerilimi artırırken transistörün C-E uçları arasındaki gerilimin (VC) düşmesine sebep olur. VC gerilimi düşünce ise B’ye giden DC polarma akımı otomatik olarak azalmış olur.

Giriş sinyali azaldığında IC akımı azalır, VC gerilimi yükselir ve beyze giden DC polarma akımı da eski seviyesine doğru artar. Beyz akımının artması kolektör akımını otomatik olarak bir miktar artırır. VC gerilimi çalışma noktasına yakın bir yere yükselir. Böylece yükselen ve alçalan giriş sinyallerinde devre kararlılığını kendi kendine ayarlar.

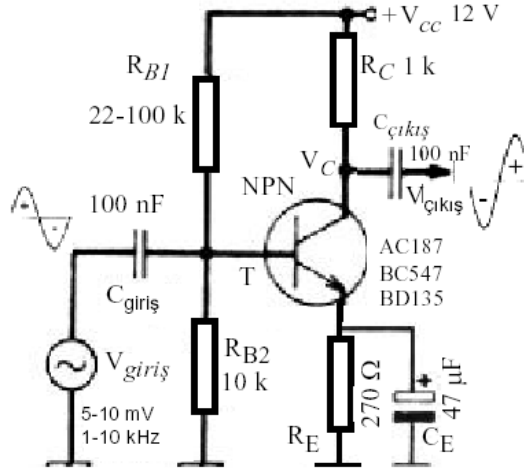
Bu polarma yöntemi giriş sinyalinin zayıf olduğu, kazancın sabit tutulmak istendiği basit yükselteç devrelerinde kullanılır.



Şekil 2.21: Otomatik (geri beslemeli) polarma

2.2.3.4. İdeal (Tam Kararlı, Birleşik) Polarma

En çok kullanılan polarma biçimidir. Beyz polarması gerilim bölücü iki dirençle sağlanır. Devrede kullanılan RB1'e polarma direnci, RB2'ye ise stabilizasyon (kararlılık) direnci denir.



Şekil 2.22: İdeal (tam kararlı birleşik) polarma

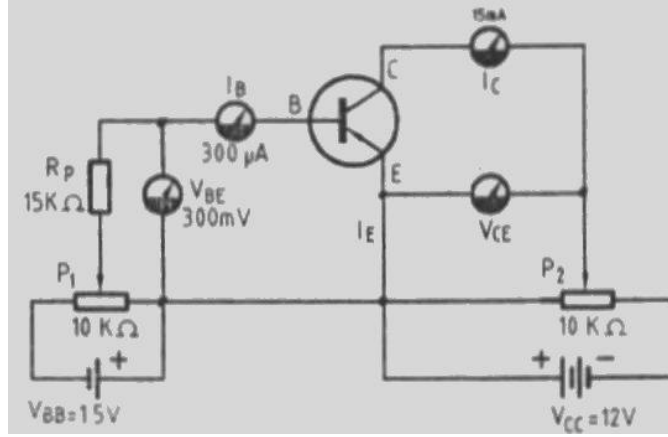
Emiterdeki RE direncine paralel bağlı CE kondansatörü dekaplaj (AC özellikli sinyalleri şaseye aktarıcı) görevi yapar.

2.2.4. Transistörlü Yükselteçlerin Bağlantı Şekillerine Göre Sınıflandırılması

Transistörler üç değişik biçimde bağlanarak çeşitli özelliklere sahip yükselteçler yapılabilmektedir. Şimdi bu devreleri inceleyelim.

2.2.4.1. Ortak Emiterli (CE Tipi) Yükselteçler

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



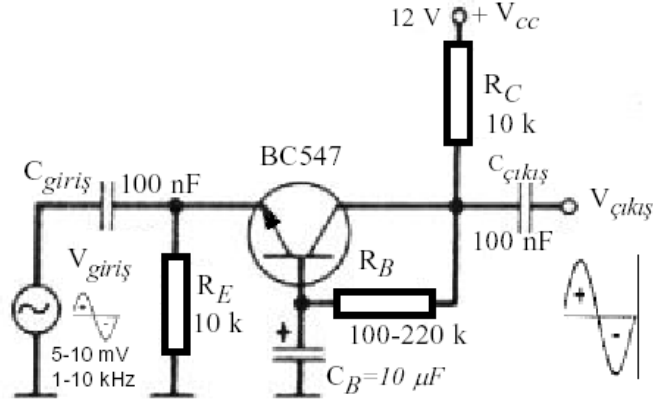
Şekil 2.23: Transistörün statik karakteristiklerini tanımlamak üzere kurulan yükselteç devresi

Ortak emiterli bağılı yükselteçlerin bazı teknik özellikleri:

- Giriş empedansları orta (500 W-10000 W) değerdedir.
- Çıkış empedansları büyüktür (10000 W-50000 W).
- Gerilim kazançları yüksektir.
- Akım kazançları 1'den büyüktür.
- Güç kazançları çok yüksektir.
- Faz çevirme (evirme, inverting) yapar. Yani giriş sinyali ile çıkış sinyali arasında 180°'lik faz farkı vardır.

2.2.4.2. Ortak Beyzli (CB Tipi) Yükselteçler

Şekil 2.24' te görüldüğü gibi giriş sinyali pozitif olduğunda transistör kesime doğru gider. Transistörün C-E uçları arasındaki direnç arttığından kolektör ucundaki gerilim (sinyal) pozitif yönde yükselir. Giriş sinyali negatif olduğunda transistörün iletkenliği artar. Çıkış sinyali negatif yönde azalır.



Şekil 2.24: Ortak beyzli yükselteç devresi

Ortak beyzli yükselteçlerin bazı teknik özellikleri:

- Giriş empedansları çok küçüktür (200 W-500 W).
- Çıkış empedansları yüksektir (50 kW-1,5 MW).
- Gerilim kazançları yüksektir.
- Orta derecede güç kazançları vardır.
- Akım kazançları 1'den küçüktür.
- Üst frekans sınırı yüksektir. O sebeple yüksek frekanslı devrelerde bu tip bağlantı çok kullanılır.
- Faz çevirme (evirme) yapmaz.

2.2.4.3. Ortak Kolektörlü (CC Tipi) Yükselteçler

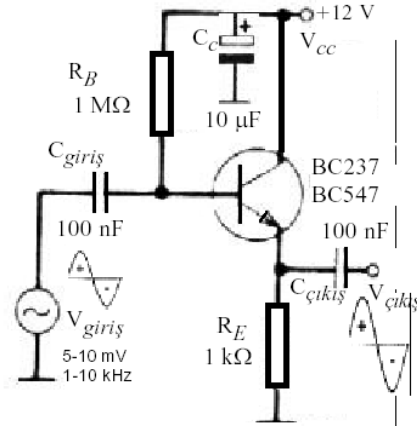
Devrede transistörün kolektör ucu CC kondansatörü ile AC bakımdan şaseye bağlanmıştır. CC'ye dekuplaj ya da by-pass (aşirtma) kondansatörü adı verilir.

Şekil 2.25' te verilen kolektörü şase yükselteç devresinde giriş sinyalinin pozitif alternansında IB akımı artar. IB akımının artması IC ve IE akımlarını yükseltir. RE üzerinde oluşan gerilim pozitif yönde yükselir.

Giriş sinyalinin negatif alternansında IB akımı azalır. IB akımının azalması IC ve IE akımlarını düşürür. RE üzerinde oluşan gerilim negatif yönde düşer. Yükselteçte çıkış sinyali emiterden alındığından bu yükselteçlere emiter izleyici de denir.

Ortak kolektörü yükselteçlerin bazı teknik özellikleri:

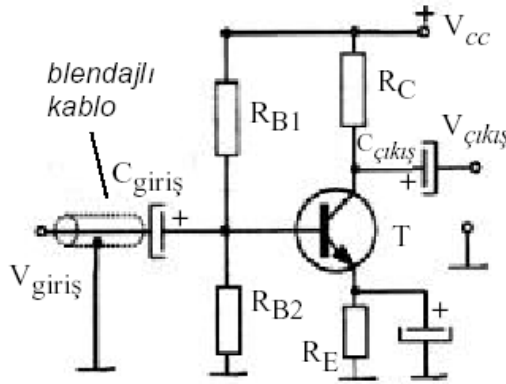
- Giriş empedansları büyüktür (5kW-1,5 MW).
- Çıkış empedansları küçüktür (10 W-500 W).
- Gerilim kazançları 1'den biraz küçüktür (0,9 dolayında).



Şekil 2.25: Ortak kollektörlü yükselteç devresi

- Faz çevirme yapmaz.
- Yüksek empedanslı çıkışı olan bir devreyi düşük empedans girişi olan bir devreye bağlamak için (yani empedans uygunlaştırıcı olarak) kullanılır.

2.2.5. Yükselteçleri Olumsuz Etkileyen Gürültü Kaynakları



Şekil 2.26: Gerilim bölücülü örnek yükselteç devresi

- **Dış manyetik alanların yarattığı gürültüler:** Floresan lamba, motor vb. gibi indüktif özellikli alıcıların oluşturduğu gürültüler (parazitik sinyaller), ön yükselteç girişine ulaşacak olursa, bunlar ön yükselteç tarafından büyütülür. Sonuçta hoparlörden kulağı rahatsız eden cızırtılar duyulur. Dış manyetik alanların oluşturduğu gürültüler Şekil 2.26' da görüldüğü gibi, girişe bağlanan elemanların irtibatlarının blendajlı (örgülü) kablo ile yapılmasıyla biraz önlenir.

- **DC bileşenlerin oluşturduğu gürültüler:** DC beyz polarma gerilimi sabit değilse, çıkış sinyalinin genliği sürekli olarak azalır ya da çoğalır. Bu ise çıkış sinyalinin distorsiyonlu olmasına sebep olur. DC bileşenlerin oluşturduğu gürültüler (parazitik sinyaller), besleme ucu ile şase arasına kondansatör bağlanarak giderilir. Kondansatörler AC sinyallere karşı iletken olduğundan DC besleme gerilimine karışan AC özellikli sinyaller kondansatör tarafından şaseye aktarılır.
- **Yüklenmeden dolayı oluşan gürültüler:** Ön yükseltece giriş yükü olarak bağlanan mikrofon, teyp kafası, pikap kristali vb. gibi elemanların her birinin empedansları birbirinden farklıdır. Eğer giriş yükü empedansı ile ön yükseltecin giriş empedansı uygun değilse, çıkış sinyalinde distorsiyon (bozulma, şekil değiştirme) olur. Yüklenmeden dolayı ortaya çıkan gürültüleri yok etmek için giriş yükünün empedansı ile ön yükseltecin giriş empedansının eşit olması sağlanır.
- **Geri besleme sinyallerinden dolayı oluşan gürültüler:** Yükselteçlerde giriş sinyaline bağlı olarak IB akımı değişir. IB'nin değişmesi ise IC ve IE akımlarını değiştirir. Yükselteç devresinde transistörün emiter ayağında RE direnci bağlı ise, IE akımından dolayı RE üzerinde VRE gerilimi düşer. Beyz akımının geçişini zorlaştıracak yönde olan URE gerilimi, IB akımı üzerinde azaltıcı etki yapar. Buna negatif geri besleme adı verilir.

RE üzerinde oluşan VRE geriliminin IB akımını azaltması IC ve IE akımlarının da azalmasına sebep olur. IE'nin azalması RE üzerinde oluşan VRE geriliminin de azalmasına yol açar. VRE azalınca IB akımı tekrar eski düzeyine doğru yükselmeye başlar.

Sonuç olarak; RE direnci üzerinde oluşan VRE gerilimi, IB akımının aşırı derecede değişme göstermesini engelleyici rol üstlenir. RE direncinin AC özellikli sinyaller karşısında görev yapmasını engellemek için bu elemana paralel olarak kondansatör bağlanır. Bu sayede, dirence gelen AC özellikli sinyaller kondansatör tarafından şaseye aktarılır. Dirence paralel olarak bağlanan kondansatöre dekaplaj kondansatörü adı verilir.

2.2.6. Yükselteç Arızaları

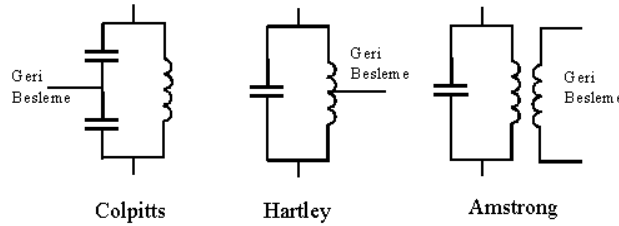
Şekil 2.26' da verilen yükselteç devresine eklenmiş olan diyotlar sayesinde BD137 transistörünün beyzine uygulanan polarma geriliminde $0,6+0,6 = 1,2$ voltluk yükselme olur. BD137'nin polarma geriliminin yükselmesi bu elemanın beyzinden geçen akımı yükseltir ve T2 transistörünün C-E uçları arasından geçen akım artar. Bu akımın $4,7 \text{ V}$ 'luk R5 direncinde oluşturduğu gerilim sebebiyle 56 kW 'luk direnç üzerinden polarma alan BC237 iletme geçer. BC237 iletme geçince BD138 PNP transistörü (-) polarma olarak sürülür.

Görüldüğü üzere devreye eklenen iki diyot güç transistörlerinin akımlarını artırmaktadır. Yapılan bu işlem, devrenin AB tipi çalışmasını sağlar. Devrenin AB tipinde çalışması distorsiyonları (cross over, geçiş bozulması) önler.

2.3. Osilatörler

Osilatör ayarlandığı frekansta ya da sabit bir frekansta sürekli sinyal çıkışı veren devrelere denir. Pek çok türü olan osilatörler yapılarına göre ve ürettikleri çıkış dalga şekillerine göre isimlendirilir. Örneğin, Hartley, Colpitts gibi sinüs dalga osilatörleri ya da kare dalga osilatörü, üçgen dalga osilatörü ya da RC osilatör, Wien Bridge (Viyana köprüsü) gibi.

Negatif geri beslemede çıkıştaki sinyalin bir kısmını "ters" çevirip tekrar yükseltecin girişine bağlanır. Sonuçta daha az çıkış seviyesi ama daha az gürültü ve daha fazla band genişliği elde edilir. Pozitif geri beslemede ise çıkışın bir kısmı bu kez, girişle aynı fazda yani girişteki sinyali destekleyecek yönde verilir. Bu şekildeki bir devrenin çıkışından sürekli bir gürültü elde edilir. Yani çıkışta her türlü sinyal vardır. Eğer bir osilatör yapmak istersek devrenin çıkışına bir "rezonans devresi" koyup bu sinyallerden bir tanesi dışarı alır, diğerlerini yok ederiz. Elde ettiğimiz bu tek frekansın bir kısmını pozitif geri besleme olarak yükseltecin girişine bağladığımızda bir osilatör elde ederiz. Devrede kullandığımız rezonans devresi bir bobin ve bir kondansatörden (LC) oluşmaktadır. Bu tür osilatörlere LC osilatör denir. LC osilatörlerin de türleri vardır. Şimdi bunların çok kullanılanlarını tek tek inceleyelim. Aşağıda en çok kullanılan üç osilatörün özelliklerini gösteren şekil görülmektedir.



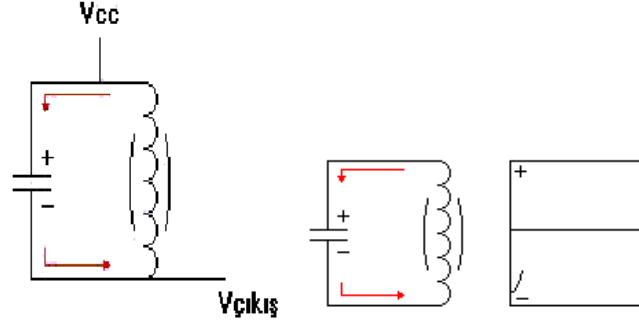
Şekil 2.27: Osilatör devreleri

Yukarıdaki şekillerden de anlaşılacağı gibi Colpitts osilatör geri beslemesini kapasitif bir gerilim bölücünden almaktadır. Hartley osilatör geri beslemesini endüktif bir gerilim bölücünden almaktadır. Armstrong osilatör ise geri beslemesini ana sarım üzerine sarılmış birkaç turluk başka bir sarımdan almaktadır. Armstrong osilatördeki bu yapı aslında bir trafodur.

2.3.1. LC Osilatörleri

RC osilatörlerle elde edilemeyen yüksek frekanslı sinyaller (osilasyonlar) LC osilatörlerle elde edilir. LC osilatörlerle MHz seviyesinde yüksek frekanslı sinüsoidal sinyaller elde edilir. Paralel bobin ve kondansatörden oluşan devreye TANK DEVRESİ adı verilir.

2.3.1.1. Volan Etkisi ve Hazırlanması



Şekil 2.28: Volan etkisi

Şekil 2.27’de LC osilatörünün şekli ve dalga boyu görülmektedir.

Başlangıçta V çıkışta herhangi bir akım çıkış yoktur ve C’deki yük 0 volt’tur. V çıkış, açık devre gerilimine (Vcc) eşittir. Devreye akım verildiğinde C üzerindeki gerilim Vcc olur. V çıkış, $-V_c + V_{cc} = 0V$ ’a eşittir. C bobin üzerinden boşalır. L indüktörü boyunca akan akım, indüktörün sargıları çevresinde manyetik alan üretir; bu manyetik alan bir karşı elektromotor kuvveti üretir, bu kuvvet de akımdaki değişikliğe karşı koyar. İndüktör, C’nin boşalma hızını kontrol eder. C tamamen boşaldığı zaman V çıkış = Vcc olur ve akım akışı durur. L çevresindeki manyetik alan sıfıra iner, bu da L üzerindeki gerilim polaritesini tersine çevirir; bu durumda C’yi Vcc gerilimi ile ancak bu kez öncekine oranla ters polariteye sahip bir gerilimle yükleyen bir akım akışı meydana getirir. LC’nin boşalma hızını kontrol eder. Manyetik alan tamamen sıfıra indiğinde C tamamen yüklendiğinde akım bir kez daha durur. C yine L üzerinden ama bu sefer ters yönde boşalır.

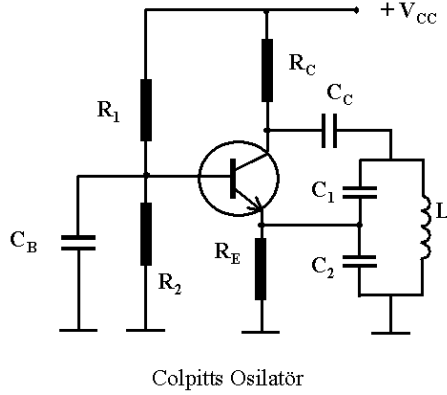
Yukarıda anlatılan süreç sürekli tekrar edilerek çıkışta kesintisiz sinüsoidal bir dalga biçimi üretir. Eğer salınımların sürekli bir şekilde devam etmesi isteniyorsa devreye periyodik aralıklarla akım verilmesi gerekir. Bu çalışma şekline volan etkisi adı verilir.

$$\text{Devrenin frekansı } F_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \text{ hesaplanır.}$$

En çok kullanılan tipleri hartley ve colpitts osilatörleridir.

2.3.1.2. Colpitts Osilatör

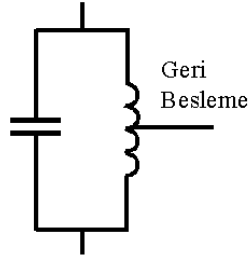
Aşağıdaki şekilde transistörlü bir colpitts osilatör devresi görülmektedir.



Şekil 2.29: Colpitts osilatör

2.3.1.3. Hartley Osilatör

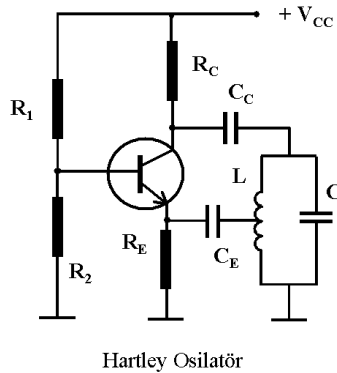
Hartley osilatör şeklindeki bir devrede LC'nin tipik bağlantısı aşağıdaki gibidir.



Hartley

Şekil 2.30: Sade Hartley osilatör

Transistörlü hartley osilatör devresinde LC devresi DC ya da AC bağlantısı olarak kolektör üzerinde yer alır, geri besleme bobinin orta ucundan alınarak transistörün emitörüne bağlanarak sağlanır. Aşağıda tipik bir Hartley osilatör devresi görülmektedir.



Şekil 2.31: Hartley osilatör devresi

Devrenin rezonansı, devredeki bobinin Q faktörü ile yani tel kalınlığı ile değişir. Kalın telli bobinlerde yani yüksek Q faktörüne sahip bobinlerde;

$$f^* = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_T}}$$

formülü ile hesaplanır. Yüksek frekanslı devrelerde doğrudan bu formülü kullanabilirsiniz.

İnce telli ve düşük frekanslarda çalışacak osilatörlerde ise Q faktörü genellikle düşük olur. Bu tür osilatörlerde ise;

$$f^* = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_T}} \sqrt{1 - \frac{r^2 C_T}{L}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_T}} \sqrt{1 + Q^2}$$

formülü kullanılır.

Devrenin çalışması şu şekildedir:

Devredeki dirençler transistörün çalışma noktasının yük doğrusu üzerinde ortalarda olacak şekilde çalışması için seçilir. Bir başka seçim ise, rezonans devresindeki C kondansatörü hariç Cc ve Cl kondansatörleridir. Cl kondansatörü RE emitör kondansatörüne bağlıdır. Devrenin çalıştığı frekansta (osilatör ayarlı ise çalışacağı **en düşük** frekansta) RE'nin 1/10 'u kadar empedans gösterecek kadar seçilir.

$$X_C = \frac{R_E}{10}$$

$$C_E = \frac{1}{2\pi f X_C}$$

Kolektöre bağlı Cc kondansatörünün empedansı ise aynı şekilde Rc direncinin 1/10 kadarı olarak seçilir. Bu değerler en az değerler olup, daha az değerde seçilmesinin bir sakıncası yoktur.

$$X_C = \frac{R_C}{10}$$

$$C_C = \frac{1}{2\pi f X_C}$$

"Devremizde Rc direnci kullanılmayıp LC devresi direk kolektör devresi üzerine takılı olursa, o zaman Cc kondansatörünün empedansı L bobinin çalıştığı **en yüksek** frekanstaki empedansının en az 1/10 kadarı olarak seçilir."

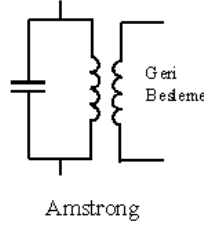
Devredeki LC'nin yaklaşık empedansı ise;

$$Z = \frac{L}{rC}$$

ile bulunur. Buradaki r bobinin DC iç direncidir. Bu formüle biraz dikkat edelim. Varsayalım bobin ideal iletken yapılmış olsun. Yani direnci sıfır olsun. O zaman Z sonsuz olur. Paralel rezonans devrelerinde de rezonans frekansında eş değer empedans çok yüksek, ideal tel ile yapılırsa sonsuz olur. Gerçeklere dönecek olursak, düşük frekans devrelerinde mesela 1Khz de çalışan bu tip bir osilatörde kullanılacak bobinin L değeri çok fazla olacaktır. Buna karşın az yer kaplaması için ince bir bobin telinden sarılacaktır. Bu sebeple bu şekildeki düşük frekanslı osilatörlerin çıkış empedansı da küçük olacaktır. Yüksek frekans devrelerinde daha kalın tel kullanmak mümkündür. Bundan dolayı çıkış empedansları da daha yüksek olacaktır.

2.3.1.4. Amstrong Osilatör

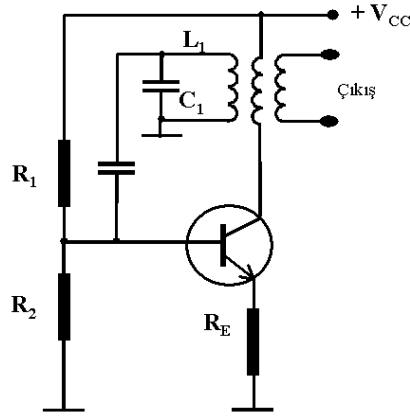
Amstrong osilatör şeklindeki bir devrede LC'nin tipik bağlantısı Şekil 2.31'deki gibidir.



Şekil 2.32: Sade Amstrong osilatör

Transistörlü armstrong osilatör devresinde LC devresi DC ya da AC bağlantısı olarak kolektör üzerinde yer alır, geri besleme bobinin üçüncü bir bobin olarak diğer iki sarımın arasında yer alır. Devrenin rezonans frekansını L1 ve C1 belirler.

Devredeki bobin gurubunun şekline bakılınca üç farklı sarımın güçlüğü kolaylıkla anlaşılır. Bu sebeple armstrong osilatörler yapımı zor olan osilatörlerdir. Buradaki zorluk sadece bobinin diğer iki osilatöre daha karmaşık olmasından kaynaklanmaktadır. emitörüne bağlanarak sağlanır. Aşağıda tipik bir armstrong osilatör devresi görülmektedir.



Armstrong Osilatör

Şekil 2.33: Armstrong osilatör

LC devreli osilatörleri genel olarak özetlersek;

- Bir osilatör üç ana bileşene sahiptir. Bunlar; yükselteç, rezonanslı (tuned) yük ve geri besleme.
- Osilatörde rezonans frekansını devredeki LC yükü belirler.
- Geri besleme LC yükünden alınan ve bir voltaj bölücüsü ile yapılır.
- Osilatörler için üç türlü geri besleme yapılır. Bunlar; Colpitts, hartley ve armstrong türleridir. Hepsisi de pozitif geri besleme sağlar.
- Bir osilatörün çalışmaya başlaması için dışarıdan herhangi bir müdahale gerekmez. Kendiliğinden çalışmaya başlar.

2.3.1.5. Kristal Osilatörler

Bir osilatör, bir alıcı ya da verici sabit bir frekansta çalışacaksa yani çalıştığı frekansta az da olsa bir değişiklik olmayacaksa o zaman devredeki osilatörün kristalli olması en iyi yöntemdir. Kristal osilatörün ana parçası olan piezoelektrik kristal çoğunlukla kuvars madeninden yapılır. Kuvars; çeşitli büyüklüklerde kesilerek, yontularak çeşitli frekanslar için üretilir. Osilatör için üretilmiş bir kuvars yuvarlak vitamin haplarına ya da küçük dikdörtgen prizmaya benzer.

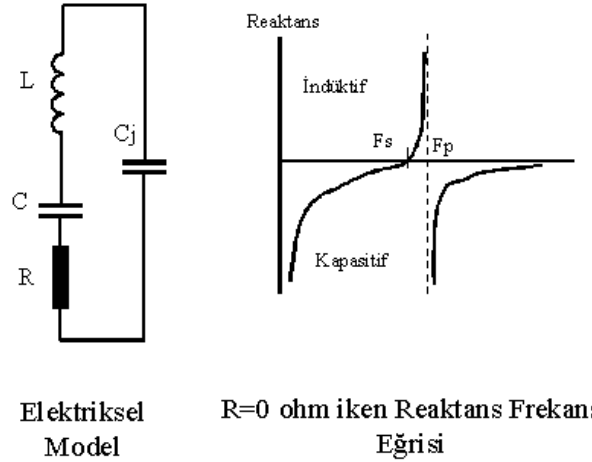
Bir kuvars kristaline basınç uygularsak iki kenarı arasında bir gerilim oluşturur. Kuvars benzeri maddelerle yapılmış çakmaklar buna bir örnektir. Tersini biçimde bir kuvars kristaline DC gerilim uygularsak bu kez de burkular. Tersini bir gerilim uygularsak diğer yönde burkular. AC bir gerilim uygularsak, uygulanan AC gerilimin frekansında her iki yöne burkular yani titreşir. Uygulanan AC geriliminin frekansı, kristalin bir kesim özelliği olan rezonans frekansında ise o zaman en büyük titreşim elde edilir.



Sembol

Şekil 2.34: Kristal sembolü

Yukarıdaki paragrafta anlatıldığı gibi kristalin hareketleri mekaniktir. Bu mekanik hareketi sağlayan kristalin elektriksel modeli Şekil 2.35'te görülmektedir.



Şekil 2.35: Kristal devresi

Bu şeklin sol tarafı seri bir rezonans devresidir. Bu kısım kristalin hiçbir bağlantı ucu olmayan halini temsil eder. Devredeki C_j kondansatörü, kristalin bağlantı elektrotları ve elektrotları elektronik devreye bağlayan bağlantı telleri arasındaki kapasiteyi temsil eder. Piezoelektrik kristallerin Q değerleri çok yüksek olur, tipik bir değer olarak 5000 diyebiliriz.

Şeklin sol tarafına dönecek olursak, L ve C kristalin rezonans frekansındır ve kesim şekli ile büyüklüğü ile belirlenir. R direnci ise kristalin mekanik salınımına yaptığı direnmedir. R direnci ihmal edilirse seri kısmın rezonans frekansı;

$$f_s = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

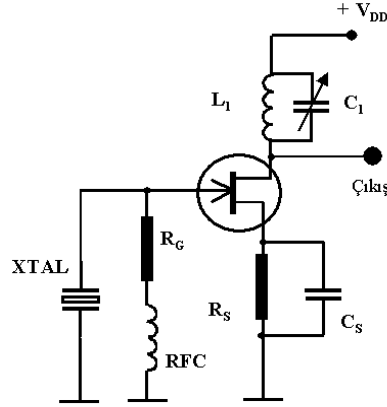
Şeklin sağındaki seri rezonans devresine paralel C_j kondansatörün değeri seri rezonans kısmındaki kondansatörden çok büyüktür. Bir örnek verecek olursak, tipik bir kristalde $C=0,025\text{pf}$ $C_j=3,5\text{pf}$ gibi. Bu durumda kristalin paralel devre olarak rezonans frekansı;

$$f_p = \frac{\sqrt{\frac{1}{L}\left(\frac{1}{C} + \frac{1}{C_j}\right)}}{2\pi}$$

Paralel rezonansa oluşan frekans, seri rezonansa oluşan frekansa biraz daha yüksektir. Tipik olarak seri rezonans frekansı paralel rezonans frekansının 0,9 daha düşüğüdür. Kristali paralel rezonansa çalıştırmanın bir avantajı vardır. C_j kondansatörü kristalin bağlantıları ile ilgili olduğu için kristale dışarıdan ayarlı bir kondansatör takarak (trimmer kondansatör) frekansı çok az aşağı ya da yukarı çekmek mümkündür. Bu değişim çok fazla olmamak koşulu ile ince ayar için çokça kullanılır.

Kristal, bir kütleye sahiptir. Bu sebeple ısındığı ya da soğuduğu zaman hacmi dolayısıyla frekansı değişir. Bu değişim az olmasına rağmen hassas devrelerde istenmez. Isıya bağlı frekans kaymasını önlemek için kristaller sabit ısıda çalıştırılır. Sabit ısı, içinde kristal ve termostatlı ısıtıcı bulunan küçük fırınlarla (crystal oven) sağlanır.

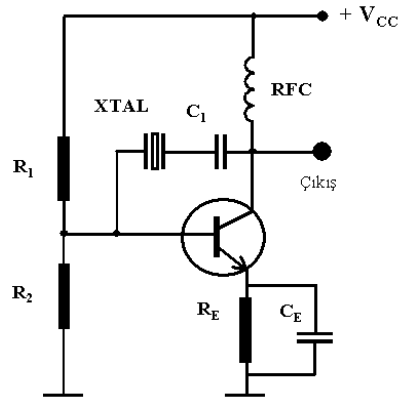
Aşağıda çeşitli kristal osilatör devrelerine değinilmiştir.



Kristalli Miller Osilatör

Şekil 2.36: Kristalli miller devresi

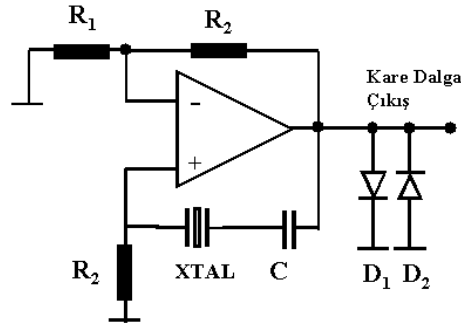
Şekil 2.36'daki devrede kristal paralel rezonans devresi olarak çalıştırılır. Bu durumda kristal çok yüksek empedans gösterecektir. FET transistörün akaç tarafındaki L C kristal frekansına yakın bir değere ayarlanır.



Transistörlü Kristal Osilatör

Şekil 2.37: Transistörlü Kristal osilatör devresi

Şekil 2.37'deki devrede kristal seri rezonans devresi olarak çalışır. Dikkat edilirse kristal devrede geri besleme elemanı olarak kullanılmaktadır. Kristal rezonans frekansında minimum empedans gösterecek ve maksimum geri besleme yapacaktır. Devrenin diğer malzemelerden olabilecek kararsız durumları osilatörün çalışma frekansını etkilemeyecektir. C1 kondansatörü büyük değerli örneğin 10nF gibi seçilir. RFC ise büyük değerli çok turlu bir bobin olup osilatörün frekansına yüksek empedans göstererek besleme kaynağından kısa devre olmasını engeller.



Op-Amp Kristal Osilatör

Şekil 2.38: Op-amp kristal devresi

Düşük frekanslarda kristal osilatörlere bir örnek olarak Şekil 2.38'deki işlemsel yükselteçli devreyi verebiliriz. Bu devrede de kristal seri rezonans olarak kullanılır. Çıkıştaki diyotlar çıkış sinyalini kırparak kare dalga şeklini almasını sağlar. Devre çıkışında kare dalga olması istenmezse diyotlar takılmamalıdır.

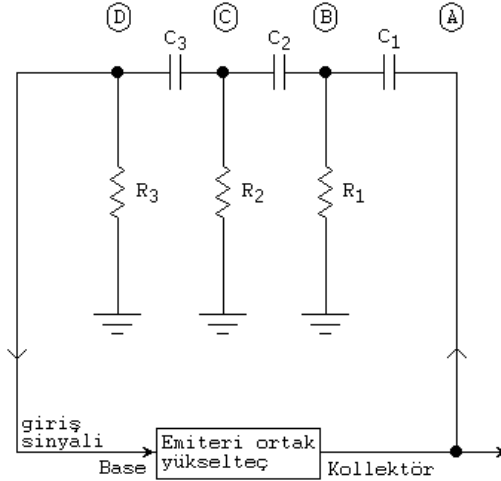
➤ Overtone Piezoelektrik Kristal

Bir kristal osilatörün kesim biçimi, kristalin çalışma frekansı ile doğrudan ilişkilidir. Bundan dolayı kristaller iki tür kesilerek üretilir. Birincisi ana frekans üreten kristaller. Bu tür kristaller genel olarak en çok 50Mhz'ye kadar yapılır. İkincisi ise ana frekansının üzerinde çalışan kristaller (over tone). Over tone kristaller en az 50Mhz ya da daha üzeri frekansta çalışacak şekilde üretilir. Over tone kristaller, ana frekansta çalışan bir kristalin kalınlığından daha fazla kalınlığa sahiptir. Örneğin 20Mhz'de çalışan bir kristal 1mm kalınlığında olsun. 30Mhz overton çalışan bir kristal en ve boyu sabit kalmak üzere 3mm kalınlığa sahiptir. Yüksek frekansta çalışan ana frekansa sahip kristal üretilmemektedir. Bunun sebebi, kristalin kalınlığının çok incelmelerinden oluşan üretim güçlükleridir. Bu kristallerin bir özelliği de ana frekansın hep tek katı (3, 5 gibi) frekans üretmeleridir. Overtone kristallerin dezavantajı olarak; osilatör devrelerinde ana frekans bastırmak için filtreler gerektirir. Ayrıca daha düşük Q değerlerine sahiptirler.

2.3.2. RC Osilatörler

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

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

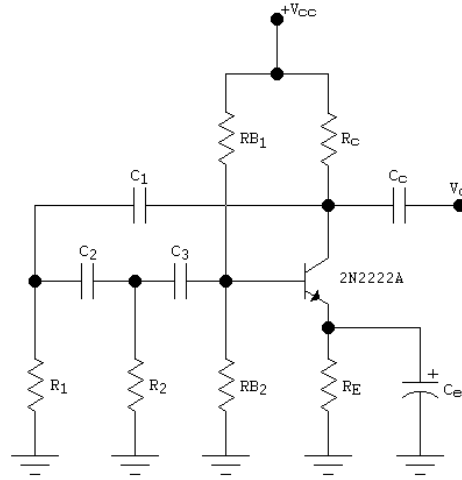


Şekil 2.39: RC osilatörün blok diyagramı

Şekil 2.39'da blok diyagramda RC osilatörün blok diyagramı gösterilmiştir. Blok diyagramda R-C devresi hem pozitif geri beslemeyi, hem de frekans tespit edici devreyi sağlar.

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

2.3.2.1. Transistörlü Faz Kaymalı RC Osilatör



Şekil 2.40: Transistörlü faz kaymalı RC osilatör

Şekil 2.40'ta görülen transistörlü R-C osilatör devresinde yükselteç 2N2222A NPN tipi bir transistörle, emiteri ortak bağlantı olarak tertiplenmiştir. Emiteri ortak yükselteç devresinin beyzi ile kolektörü arasında 180° faz farkı vardır. Bu devrenin osilasyon yapabilmesi için çıkış V_o gerilimini 180° faz kaydırılarak girişe yani beyze pozitif geri beslenmesi gereklidir.

Şekil 2.39'teki devrede;

- * C_1 - R_1 , C_2 - R_2 , C_3 - R_3 : Faz çevirici devre ve frekans tespit edici tertip,
- * R_{B1} ve R_{B2} : Beyz polarmasını sağlayan voltaj bölücü dirençler,
- * R_E - C_E : emiter direnci ve by-pass kondansatörü,
- * R_C : geri besleme genlik kontrolünü sağlayan kolektör yük direnci,
- * 2N2222A: NPN tipi, yükselteç transistörüdür.

C_1-R_1 ; birinci R-C devresini, C_2-R_2 ; ikinci R-C devresini ve C_3-RB_2 üçüncü R-C devresini oluşturur. NPN tipi transistörün kolektöründen alınan geri besleme sinyali 180° faz kaydırılarak tekrar transistörün beyzine tatbik edilmektedir. Burada her bir R-C devresi 60° lik faz kaydırmaya sebep olmaktadır. Her bir R-C osilatör devresinde 3 adet R-C devresine ihtiyaç yoktur. Toplam faz kaydırmanın 180° ye ulaşması yeterlidir. Emiteri ortak yükselteç devresinin beyzi ile kolektörü arasında 180° faz farkı olduğuna göre kolektör sinyali 180° çevrilerek ve pozitif geri besleme olarak transistörün beyzine geri verilir. Transistörlü RC osilatör devresinin V_o çıkış sinyalinin frekansı ve genliği geri besleme hattındaki direnç ve kondansatörlerin değerlerine bağlıdır.

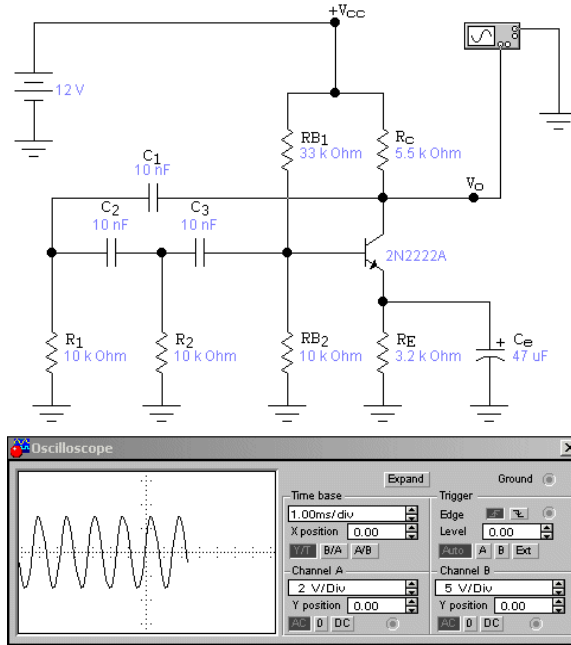
Her bir R-C devresinin 60° faz kaydırması istenirse $R_1 = R_2 = RB_2 = R_{gr}$ olmalıdır. Burada R_{gr} , emiteri ortak yükseltecin giriş empedansdır.

Transistörlü R-C devresinin osilatör frekansı;

$$f = 1 / [2\pi.R.C.\sqrt{6 + 4(Rc / R)}]$$

formülüyle bulunur. Burada R ve C değeri, frekans tespit edici tertipteki direnç ve kondansatör değeri, R_c ise kolektör yük direncidir.

Osilasyon genliği ise RC osilatörde kullanılan yükselteç devresinin kazancına bağlıdır.



Şekil 2.41: Transistörlü RC osilatörün EWB programında uygulanması

Şekil 2.41’de gösterilen uygulamada, frekans tespit edici tertipte $R = 10 \text{ K}$, $C = 10 \text{ nF}$ seçilmiştir. Devrenin çıkışından alınan sinyalin frekansını formülle bulursak;

$$f = 1 / [2\pi.R.C.\sqrt{6} + 4(R_c / R)] = 1 / [6,28.10.10^3.10.10^{-9}\sqrt{6} + 4(5,5.10^3 / 10.10^3)]$$

$$f = 1 / [6,28.10^{-4} \sqrt{8,2}] = 1 / [1,8.10^{-3}] = 555,55 \text{ Hz}$$

olarak bulunur.

Sinyalin bir periyodunun yatayda kapladığı yatay kare sayısı 1,8 karedir. Osilaskobun Time / div konumunun gösterdiği değer 1 ms olduğuna göre sinyalin periyodu,

$$T = \text{Yatay Kare Sayısı} \times \text{Time} / \text{div}$$

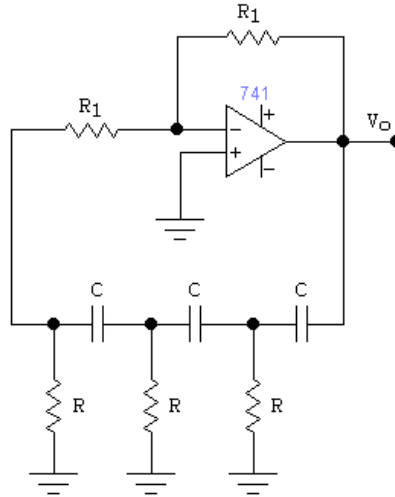
$$T = 1,8 \times 1 \text{ ms} = 1,8 \text{ ms'dir.}$$

Sinyalin frekansı ise;

$$f = 1 / T = 1 / 1,8.10^{-3} = 555,55 \text{ Hz 'dir.}$$

Formülle bulunan sinyalin frekansı ile osilaskop üzerindeki sinyalin frekansı birbirine eşit çıkmıştır.

2.3.2.2. OP-AMP 'lı Faz Kaymalı RC Osilatör



Şekil 2.42: OP-AMP'lı faz kaymalı R-C osilatör

Yaygın olarak kullanılan 741 ve 747 gibi OP-AMP entegreleri osilatör devrelerinde de kullanılır. Şekil 2.42'de gösterilen OP-AMP devresi invertiny yükselteç yapısında olup, 3 adet R-C frekans tespit edici tertipten meydana gelmiştir. R_f direnci OP-AMP 'ın kapalı çevrim kazancını belirleyen geri besleme direnci, R_1 direnci ise giriş direncidir. Bu devrede de transistörlü osilatörde olduğu gibi her bir RC 'den oluşan frekans tespit edici tertibi 60° 'lik faz kaymasına sebep olur. Devrede 3 adet R-C 'den oluşan tertip mevcut olduğuna

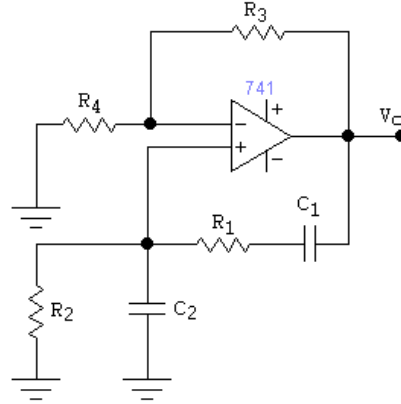
göre $3 \times 60^\circ = 180^\circ$ 'lik faz kaymasına sebep olur. Burada önemli olan toplam faz kaymasının 180° olmasıdır.

OP-AMP 'lı faz kaymalı RC osilatörün çalışma frekansı; $f = 1 / [2\pi \cdot R \cdot C \cdot \sqrt{6}]$ formülü ile hesaplanır.Devrenin osilasyon (salınım) yapabilmesi için devre kazancının 29'dan büyük olması gerekir. Bundan dolayıdır ki $[R_f \geq 29 R_1]$ olacak şekilde seçilmelidir.

2.3.2.2. OP-AMP 'lı Wien Köprü Osilatörü

Şekil 2.43'te görüldüğü gibi $R_1 - C_1$ 'den seri, R_2-C_2 'den oluşan paralel R-C devreleri Wien köprü osilatörünü oluşturur. Devrede yükselteç olarak OP-AMP kullanılmıştır. Frekansı belirleyen elemanlar ise R_3 ve R_4 'tür. Çıkış sinyali, belli oranda OP-AMP 'ın faz çevirmeyen (+) girişine $R_1 - C_1$ elemanları ile geri beslenmektedir.

OP-AMP 'ın çalışma frekansında $R_1 - C_1, R_2 - C_2$ 'den oluşan köprü devresi maximum geri beslemeyi yapmakta ve bu frekansta faz açısı sıfır olmaktadır.



Şekil2.43: OP-AMP 'lı wien köprü osilatörü

Devrede $R_3 - R_4$ ve OP-AMP 'tan oluşan kısım yükselteci, $R_1 - C_1$ ile $R_2 - C_2$ 'den oluşan kısım Wien köprü devresini yani frekans tespit edici tertibi meydana getirir.

Çıkıştan alınan sinüsoidal sinyalin frekansı veya devrenin çalışma frekansı;

$f = 1 / [2\pi \sqrt{R_1 \cdot C_1 \cdot R_2 \cdot C_2}]$ formülü ile bulunur.

Eğer devrede $R_1 = R_2 = R$ ve $C_1 = C_2 = C$ olarak seçilirse formül; $f = 1 / 2\pi RC$ olur.

Ayrıca, devrenin istenen frekansta osilasyon yapması ve yeterli çevrim kazancını sağlayabilmesi için $(R_3 / R_4) \geq 2$ olmalıdır.

2.3.3. Frekans Birleştiricinin (Frekans Sentezleyici) Çalışması

Sentezlemek, parçalamak ya da öğeleri birleştirerek bir bütün oluşturmak demektir. Frekans sentezleyici; az sayıda sabit frekans kaynaklarını toplamak, çıkarmak, çarpmak ve bölmek yoluyla çıkış frekansı üretmek üzere kullanılır. Basit bir biçimde ifade etmek gerekirse, frekans sentezleyici, kristal kontrollü değişken frekanslı bir üretectir. Bir sentezleyicinin iki amacı vardır:

Sentezleyici, çok az sayıda kaynaktan olabildiğince çok sayıda frekans üretmeli ve her frekans diğer tüm frekanslar kadar kesin ve kararlı olmalıdır.

İdeal frekans sentezleyici, tek kristalli bir osilatörden yüzlerce, hata binlerce farklı frekans üretebilir. Bir frekans sentezleyici, her frekans tek bir referans ya da ana osilatör frekansı ile eş zamanlı olacak şekilde, aynı anda birden fazla çıkış frekansı üretebilir. Frekans sentezleyiciler şu alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır: Ses ve RF sinyalleri üreteçleri, tuşlu arama, uzaktan kumandalı birimler ve çok kanallı iletişim sistemleri.

Temel olarak, frekans sentezi gerçekleştirmenin iki yöntemi vardır: Doğrudan ve dolaylı. Doğrudan frekans sentezinde, iki ya da daha çok kristal kontrollü osilatörün çıkışları karıştırılarak ya da tek kristalli bir osilatörün çıkış frekansı bölünerek / katlanarak çok sayıda çıkış frekansı üretilir. Dolaylı frekans sentezinde, çok sayıda çıkış frekansı üretmek üzer, geri besleme kontrollü bir bölücü/katlayıcı (örneğin bir PLL) kullanılır. Dolaylı frekans sentezi daha yavaştır ve gürültüye daha yatkındır; buna karşılık, doğrudan senteze oranla daha ucuzdur, daha az sayıda ve daha az karmaşık filtreler gerektirir.

2.4. Modülasyon

Alçak frekanslı bilgi sinyallerinin, yüksek frekanslı taşıyıcı sinyaller üzerine bindirilip uzak mesafelere gönderilmesi işlemine MODÜLASYON denir. Alçak frekanslı bilgi sinyalleri tek başına uzak mesafelere gidemez. Yüksek frekanslı sinyaller ise az bir güçle uzak mesafelere gidebilir. Bu sebeple, taşıyıcı sinyaller hamal olarak kullanılır ve alçak frekanslı bilgi sinyalleri vericide modülasyon işlemine tabi tutularak, taşıyıcı üzerine bindirilir.

Modülasyon işlemi gerçekleştirmek için iki sinyale ihtiyaç vardır: BİLGİ SİNYALİ ve TAŞIYICI SİNYALİ' dir.

Alçak frekanslı bilgi sinyaline; modüle eden, modüle edici, modülasyon sinyali, gönderilecek sinyal, alçak frekanslı (AF) sinyal adı da verilir.

Yüksek frekanslı taşıyıcı sinyaline; modüle edilen, RF (Radyo Frekans) sinyali, hamal sinyal de denilebilir.

Modülasyon işleminde modüle eden sinyal bilgi sinyali, modülasyona uğrayan veya modüle edilen sinyal ise taşıyıcı sinyalidir.

Modülasyona Neden İhtiyaç Duyulur?

Alçak frekanslı sinyaller doğrudan doğruya elektromanyetik dalgalar şeklinde yayınlanmaz.

Aşağıda sıralanan maddelerden dolayı alçak frekanslı sinyaller, yüksek frekanslı taşıyıcı sinyaller üzerine bindirilir.

- Alçak frekanslı bilgi sinyallerinin enerjileri uzak mesafelere gidecek kadar fazla değildir. Haberleşme için gerekli yayın mesafesini sağlamak için bilgi sinyali, taşıyıcı üzerine bindirilir.
- Eğer bir vericide modülasyon işlemi gerçekleştirilmeseydi yani bilgi sinyali, taşıyıcı üzerine bindirilmeseydi bu vericinin kullanacağı anten boyu çok uzun olurdu. 20 Hz - 20 KHz ses frekans bandında çalışan bir verici anteninin fiziki uzunluğu çok büyük olurdu.
- Vericinin anten boyunu kısaltmak için modülasyon işlemi gerçekleştirilir yani bilgi sinyalleri taşıyıcı üzerine bindirilerek uzak mesafelere gönderilir.
- 3- 20 Hz - 20 KHz.' lik ses frekans bandının dar oluşu sebebiyle bu frekans bandına yerleştirilecek istasyon adedi sınırlıdır. Bu frekans bandında çalıştırılacak herhangi bir vericinin bant genişliği 5 - 10 KHz arasında olacağı için, ses frekans bandında birbirini etkilemeden çalışacak verici istasyon adedi birkaç taneyi geçemeyecektir.

Bu anlatılan sakıncalar sebebiyle modülasyon işlemi gerçekleştirilir. Bilgi sinyallerinin, taşıyıcı sinyal üzerine bindirilmesiyle; bilgi sinyalleri uzak mesafelere gönderilebilir, vericilerin kullandığı anten boyları kısalmır, RF (radyo frekans) bandı içine çok sayıda verici istasyonu birbirini etkilemeden uzak mesafe ile telsiz haberleşmesi sağlanır. Radyo frekans bandı 20 KHz' den 30000 MHz' e kadar olan frekansları kapsar.

2.4.1. Modülasyon Çeşitleri

Modülasyon işlemi sonunda taşıyıcı sinyalinin genliği, frekansı ve fazı değişikliğe uğrar. Genel anlamda 3 tip modülasyon mevcuttur:

- **Genlik Modülasyonu (G-M):** Taşıyıcı sinyal genliğinin, bilgi sinyalinin frekans ve genliğine bağlı olarak değiştirilmesidir.
- **Frekans Modülasyonu (F-M) :** Taşıyıcı sinyal frekansının, bilgi sinyalinin frekans ve genliğine bağlı olarak değiştirilmesidir.
- **Faz Modülasyonu (P-M) :** Taşıyıcı sinyal fazının, bilgi sinyalinin frekans ve genliğine bağlı olarak değiştirilmesidir. Endirekt F-M olarak da bilinir.

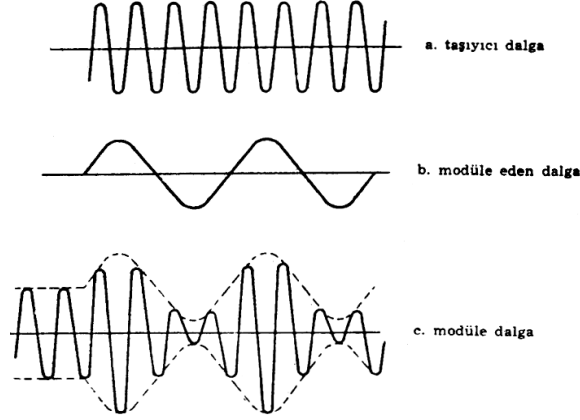
2.4.1.1. Genlik Modülasyonu

Genlik modülasyonu kısaca A-M (Amplitude Modulation) diye gösterilir. Bu modülasyonun genel açıklaması; bir işaretin genliğinin, bir diğer işaretin değişmelerine uygun olarak değiştirilmesidir.

Taşıyıcı dalganın genliği, vericiden gönderdiğimiz ses frekanslı dalganın şekline uygun olarak değiştirilir. Yani taşıyıcı dalga, ses frekanslı dalga tarafından modüle edilir. Genel olarak taşıyıcı dalganın frekansı, modüle eden işaretin frekansından büyüktür.

Genlik modülasyonunu daha iyi anlamak için Şekil 2.45'e bakalım. Şeklin en üstünde yüksek frekanslı taşıyıcı dalga, ortasında ise ses frekanslı işaret, yani modüle eden dalga görülmektedir. Modüle edici dalganın, taşıyıcı dalga genliğini kendi dalga şekline uygun

olarak değiştirmesi sonucunda meydana gelen modüleli dalga en altta görölmektedir. şekilden de anlaşılacağı üzere modüleli dalga, hem taşıyıcı dalganın, hem de modüle eden dalganın karakterini taşımaktadır.



Şekil 2.45: Genlik modülasyonu

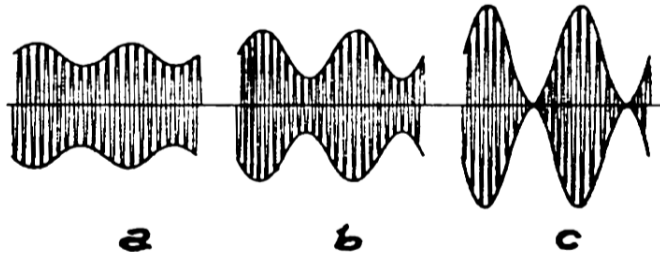
Şekil 2.45'te şekillere dikkat edilirse taşıyıcı dalganın genliğinin sabit olduğu görülür. Modüleli dalganın elde edilmesinde, AF işaretinin taşıyıcı dalgaya etkisi, modülasyon derinliği denilen bir oran ile ölçülür. **Modülasyon derinliği**; yüzde olarak AF osilasyonlarının genliğinin taşıyıcı dalga genliğine oranıdır. Modülasyon derinliğine M, AF osilasyonlarının genliğine E_{af}, taşıyıcı dalga genliğine E_{rt} dersek, yukarıdaki ifade,

$$M = \frac{E_{af}}{E_{rt}} \cdot 100\%$$

şeklinde formüle edilebilir. Bir örnekle bunu açıklayalım: Taşıyıcı dalganın genliği 20 v' olsun, AF osilasyonlarının genliği de 7 v. İse;

$$M = \frac{7}{20} \cdot 100\% = 35\% \quad \text{olarak bulunur.}$$

Şekil 2.46'ta M' nin birkaç değeri için modüleli dalga şekilleri çizilmiştir.



Şekil 2.46: Modülasyon derinliği farklı dalga şekilleri

a' da $M=25\%$, b' de $M=50\%$, c' de $M=100\%$ ' dür.

Modüleli dalga farklı üç frekansın birleşmesinden oluşur. Bu frekanslar:

- Taşıyıcı dalganın kendi frekansı
- Modüle eden işaret frekansı ile taşıyıcı dalga frekanslarının toplamına eşit olan frekans
- Modüle eden işaret frekansı ile taşıyıcı dalga frekanslarının farkına eşit olan frekans

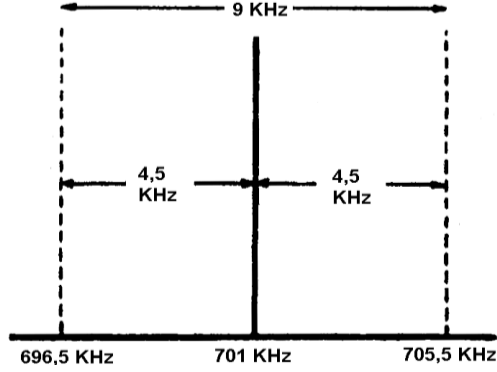
Bunu bir örnekle açıklayalım: Taşıyıcı frekansı 100 KHz, modüle eden işaret frekansı da 5 KHz olsun. Modüleli dalga, yukarıdaki açıklamaya göre 100 KHz, $100 + 5 = 105$ KHz; $100 - 5 = 95$ KHz olmak üzere bu üç osilasyonu kapsayacaktır.

Şekil 2.46'ta bir tek AF işareti ile modülasyonun oluşu açıklanmıştır. Radyoevinde, bir orkestranın çaldığı parçanın yayınlandığını düşünelim. Orkestranın birçok çalgı aleti aynı anda fakat farklı frekanslı sesler çıkarmaktadır. Bunların yayını söz konusu olduğuna göre, radyo yayınında bir tek AF işaretinin değil; aynı anda birçok AF işaretlerinin yani bir frekans bandının modülasyonunu düşünmek daha doğru olacaktır. Taşıyıcı dalga aynı anda bütün bu AF işaretleri tarafından modüle edilecek demektir. Bu özellik yeni bir deyimle karşılaşmamıza sebep olacaktır. O da bir radyo vericisinin yayın yaptığı frekans bandını belirten radyo yayın bandı veya radyo yayın kanalıdır. Bu kanal veya bant milletlerarası anlaşmalarla standardize edilmiş ve Amerika' da 10 KHz, Avrupa'da ise 9 KHz olarak saptanmıştır. O halde bir radyo yayın istasyonunun 9 KHz'lik band içinde yayın yapabilmesi için yukarıdaki açıklamamıza dayanarak o istasyonun taşıyıcı frekansının sağında ve solunda 4,5 KHz'lik bantların meydana gelmesi gerektiğini söyleyebiliriz.

Bunu bir örnek ile açıklarsak, İstanbul Radyosu'nun taşıyıcı frekansı 701 KHz' dir. Bu taşıyıcıyı 4,5 KHz' lik bir bant ile modüle edersek:

$701 - 4,5 = 696,5$ KHz ile $701 + 4,5 = 705,5$ KHz arasında 9 KHz' lik bir bant elde ederiz. Burada elde edilen 9 KHz genişliğindeki band aslında 701 KHz frekansının sağında ve solunda olmak üzere;

696,5 KHz ile 701 KHz arasındaki ve 701 KHz ile 705,5 KHz arasındaki (4,5 KHz genişliğindeki) iki yan banttıan meydana gelmiştir.

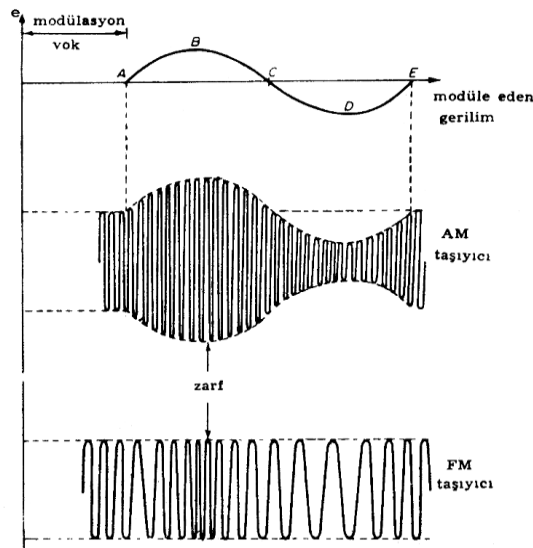


Şekil 2.47: İstanbul Radyosu yayın bandı

Bu durum Şekil 2.47'de görülmektedir. Şimdi İstanbul Radyosu'nun sağında ve solunda bulunabilecek başka radyoların taşıyıcı frekanslarının 701 KHz' den en az 9 KHz farklı olması gerektiğini kolaylıkla söyleyebiliriz. Yani İstanbul Radyosuna en yakın istasyonların yayın frekansları $701 + 9 = 710$ KHz, $701 - 9 = 692$ KHz olabilir. Bu frekansların 692 KHz' den büyük veya 710 KHz' den küçük olmaları halinde istasyon yayınlarının birbirine karışacağı açıktır.

2.4.1.2. Frekans Modülasyonu

Haberleşme tekniğinde çok kullanılan modülasyon tiplerinden biri de kısaca F-M ile gösterilen frekans modülasyonudur. Modülasyonun esas taşıyıcı dalganın frekansının modüle eden dalga frekansına göre değiştirilmesidir. Bu sebeple taşıyıcı dalganın genliği sabit kalacaktır. Dalga şekilleri Şekil 2.48' de F-M modüleli dalga ile birlikte gösterilmiştir. Burada taşıyıcı frekansının ana frekanstan sağa ve sola değişme miktarı modüle eden dalganın genliğine bağlıdır.



Şekil 2.48: Frekans modülasyonu

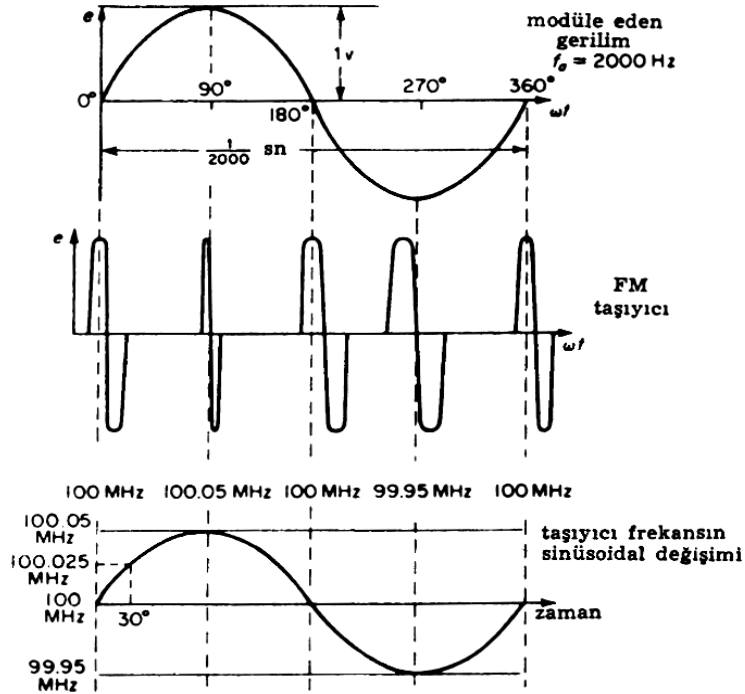
Bu durum şekil 2.48'de daha açık görülmektedir. Şüphesiz frekans modülasyonunda da taşıyıcı frekansındaki frekans alt ve üst sınırları belirlenerek bir bant tayin edilir. Bu sınırlar taşıyıcı frekansın her iki yönünde 75 KHz' den büyük olamaz. Dolayısıyla yayın bandı 150 KHz' lik bir bant olacaktır. Ancak emniyetli bir yayın için bantın her iki ucunda 25 KHz' lik emniyet payı kabul edildiğinden bir yayın istasyonuna ayrılan bant 200 KHz olmaktadır.

Frekans modülasyonu için modülasyon yüzdesi standart 75 KHz' e göre saptanır. Örneğin; 100% modülasyon 75 KHz' lik sapmayı, 33,3 % modülasyon 25 KHz' lik sapmayı belirtir.

Frekans modülasyonunda önemli olan bir tanım da modülasyon kat sayısı veya modülasyon indeksidir.

$$M = \frac{\text{Frekans kayması}}{\text{modülasyon frekansı}}$$

Örneğin; 75 KHz' lik bir modülasyon bandı için modülasyon frekansı 15 KHz ise M= 5 bulunur.



Şekil 2.49: Modüle edilen dalgaya göre modüle edici dalga'nın değişimi

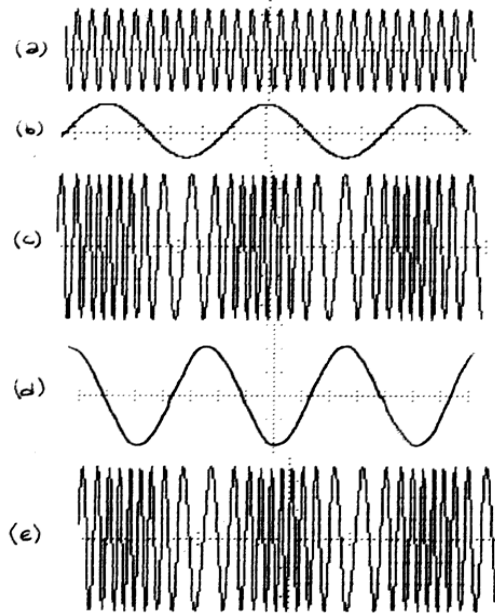
2.4.1.3. Faz ve Pals Modülasyonu

➤ 2.4.1.3.1. Faz Modülasyonu

Taşıyıcı sinyal fazının, bilgi sinyal genlik ve frekansına bağlı olarak değiştirilmesidir. Frekans modülasyonuna çok benzer. Bir taşıyıcının frekansı değiştirildiğinde fazı, fazı değiştirildiğinde de frekansı değişir. Bundan dolayı F-M ile P-M birbirine benzer. Modüle edici sinyale uygun olarak doğrudan değiştirilen, taşıyıcının frekansı olursa F-M, modüle edici sinyale uygun olarak doğrudan değiştirilen taşıyıcının fazıysa P-M meydana gelir. Direkt F-M, indirekt P-M; direkt P-M ise indirekt F-M' dir.

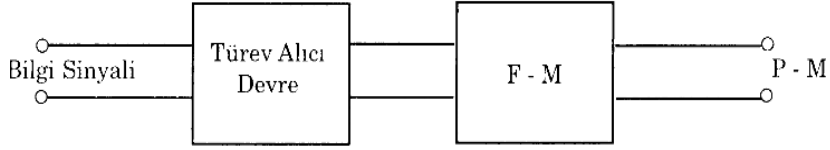
Şekil 2.50'de hem F-M, hem de P-M sinyal şekilleri gösterilmiştir. (b) şeklindeki modüle edici (bilgi) sinyalin ilk türevi (d) şeklinde olduğu gibi kosinüs dalgasıdır. Yani, sinüsün türevi kosinüs sinyalidir. Bu sinyal, sinüs sinyalinden 90° ileridedir. (d) şeklindeki türevi alınmış bilgi sinyalinin (-) alternanslarında taşıyıcının frekansı artar, (+) alternanslarında ise taşıyıcının frekansı azalır.

Özetle; bilgi sinyalinin (-) alternansında, taşıyıcının fazı artar. Fazın artması demek, taradığı açı miktarının fazlaşması ve taşıyıcı sinyalinin aynı periyodu daha kısa sürede tamamlaması demektir. Bu da frekansın artmasıdır.



Şekil 2.50: a) Taşıyıcı sinyal b) Bilgi sinyali c) Frekans modülasyonlu sinyal
d) Bilgi sinyalinin türevi e) Faz modülasyonlu sinyal

Bilgi sinyalinin (+) alternansında, taşıyıcının fazı azalır. Fazın azalması demek, taradığı açı miktarının azalması ve taşıyıcı sinyalinin aynı periyodu daha uzun sürede tamamlaması demektir. Bu da frekansın azalması demektir.

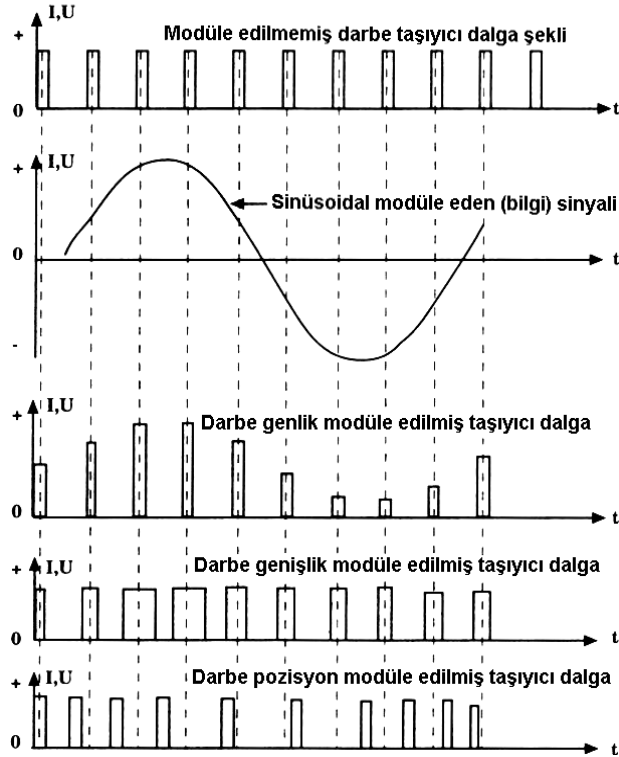


Şekil 2.51: Faz modüledi sinyalin elde edilmesi

Faz modüledi sinyalin elde edilmesi için Şekil 2.51’de blok diyagramda görüldüğü gibi bilgi sinyali türev alıcı devreye oradan da F-M modülatöre uygulanır. F-M modülatörün çıkışından P-M elde edilir. F-M’de frekans sapması söz konusu iken P-M’de faz sapması söz konusudur.

➤ 2.4.1.3.2. Pals Modülasyonu

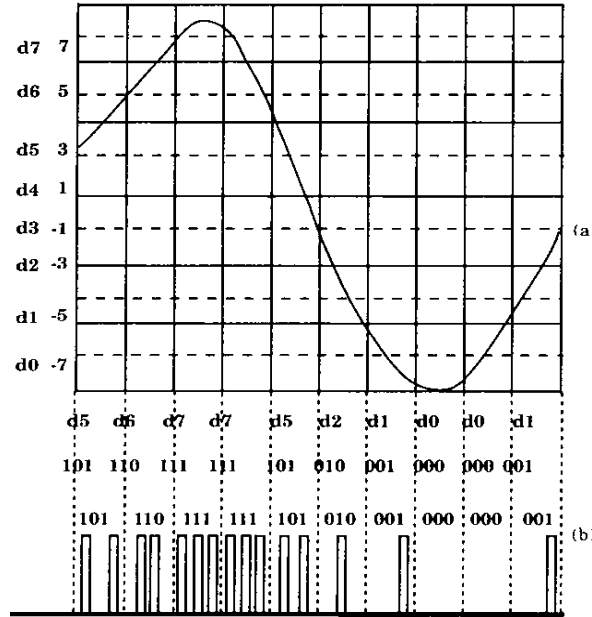
Pals (darbe) modülasyonunda kullanılan taşıyıcı dalga sinüsoidal; sinyal olmayıp, tekrarlanan darbelerden oluşur. Burada bilgi taşınması, akım veya gerilim darbeleri ile gerçekleşir. Pals modülasyonu; darbe genlik modülasyonu (PAM), darbe genişlik modülasyonu (PWM), darbe konumu modülasyonu (PPM) olmak üzere 3 çeşittir. Bu darbe modülasyonları Şekil 2.52’de görülmektedir.



Şekil 2.52: Darbe modülasyonları

Darbe genlik modülasyonunda (PAM); sabit genişliği, sabit konumlu bir darbenin genliği, analog sinyalin genliğine uygun olarak değiştirilir. Darbe konumu modülasyonunda (PPM) sabit genişlikli darbenin konumu, önceden belirlenmiş bir zaman bölümü içinde analog sinyalin genliğiyle orantılı olarak değiştirilir. Darbe genişlik modülasyonunda (PWM) ise darbe genişliği, analog sinyalin genliği ile orantılı olarak değişir. Bir de bunlardan farklı olarak sayısal haberleşmede darbe kod modülasyonu (PCM) vardır. Bunda, analog sinyal örneklenir ve iletim için sabit uzunlukta, seri binary (ikili) sayıya dönüştürülür. Binary sayı, analog sinyalin genliğine uygun olarak değişir.

Darbe kod modülasyonu (PCM), darbe modülasyonu teknikleri arasında tek sayısal (dijital) iletim tekniğidir. PCM' de, darbeler sabit uzunlukta ve sabit genliktedir. PCM' de bilgi işareti, örnek değerler kullanılarak yeniden bilgi işaretinin elde edilebileceği bir hızla örneklenir. Örnekleme (sampling), gönderilecek olan bilgi sinyalinden periyodik olarak örnek alınıp, işlenmesi ve örneklerin gönderilmesi işlemidir. Daha sonra, örnek değerler kuantalanır, yani her örnek değere önceden belirlenmiş seviyelerden bu değere en yakın olanıyla bir yaklaştırma yapılır. Daha sonra, her örnek değer ya da buna karşılık gelen kuantalama seviyesi bir binary kod sözcüğü ile kodlanır. Buna göre örnek değerler dizisi, bir binary kod sözcüğü dizisi ile gösterilir. Sonuçta elde edilen 0-1 dizisi bir darbe dizisine dönüştürülür. 1 darbeyi, 0 ise darbe yokluğunu gösterir.



Şekil 2.53: Kuantalanmış örnek değerler ve PCM dalga şekli

Şekil 2.53'te görüldüğü gibi +8 Volt değerleri arasında değişim bilgi sinyali uygun bir hızla örneklenir ve her örnek değer 8 düzeyden birisine kuantalanır. Kuantalama düzeyleri $\pm 1, \pm 3, \pm 5, \pm 7$ ' dir. Her örnekleme anında örnek değer en yakın düzeye kuantalanır. Örneğin, (-8, -4) aralığındaki bir örnek değer olan -7 ' ye kuantalanır. (-6, -4) aralığındaki bir örnek değer ise -5 ' e kuantalanır ve böyle devam eder. Kuantalama seviyeleri $-7, -5, -3, -1, +1, +3, +5, +7$ ' dir ve bunlar, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 olarak numaralanır. Bu yolla, örnek değerler ve

örnek değere en yakın kuantalama düzeyini gösteren 0 ile 7 arasındaki sayılar arasında bir ilişki kurulmuş olur. Daha sonra, kuantalama seviyesini gösteren sayı bir binary (ikilik) kod kelimesiyle kodlanır. Tablo 2.1’ de sayılar ve kodları görülmektedir. Ancak üretilecek kod sözcüğünün olabilecek en kısa uzunlukta olması istenir. Bu örnekte 8 seviye (2^3) olduğundan bunlar üç bitlik ikilik sayı ile gösterilebilir. Kuantalama seviyelerine karşılık gelen sayılar ile bunların kodlanacağı ikilik sayılar Tablo 2.1’de gösterilmiştir.

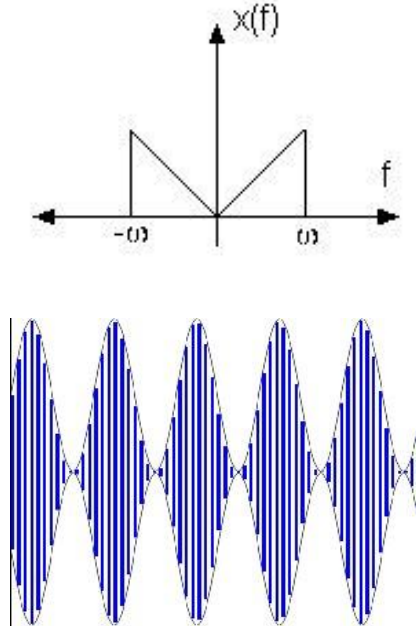
Sayı	Binary Kod Sözcüğü	Sayı	Binary Kod Sözcüğü
0	000	4	100
1	001	5	101
2	010	6	110
3	011	7	111

Tablo 2.1: 0 – 7 arası sayılar ve bunlara karşılık gelen binary kodlar

Böylece her örnek değer bir ikilik sözcükle kodlanır. İkilik dizi şeklindeki bu bilgi, daha sonra bir darbe ve darbe yokluğu dalga şekline dönüştürülür ve PCM (Pals Kod Modülasyonu) elde edilir.

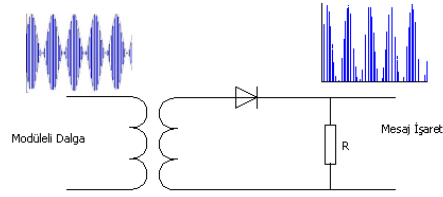
2.4.2. Demodülasyon

Genlik modülasyon daha öncede söylediğim gibi taşıyıcısının bastırılmış biçimde yollandığı ya da yan bantlarından herhangi birinin yollandığı gibi alt sistemlere de sahiptir. Her modülasyon tekniğinden hemen sonra demodülasyon tekniğini de anlatacağım. Standart GM bildiğiniz gibi taşıyıcı sinyalin genliğini ve iki yan bandı da içeren bir sistemdir.



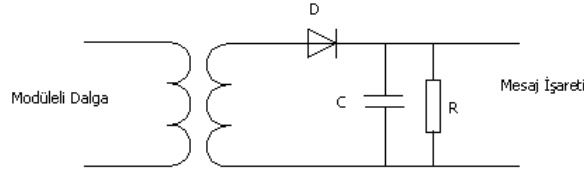
Şekil 2.54: Demodülasyon

Şekil 2.54'e dikkatlice baktığımızda mesaj işaretinin yan bantların her iki tarafında da olduğu ya da alttaki şeklin alt ya da üst tarafında mesaj işaretinin aynı olduğu görürüz. Yalnız alt ya da üst yan bant demek, alttaki şeklin alt ya da üst tarafı demek değildir. Bu konuya dikkat ediniz. Mesaj işaretinin nasıl geri alınacağını anlamak için ikinci şekli kullanacağız. Sinyalin her iki tarafında da mesaj işareti olduğu için, sinyalin bir tarafı bizim için yeterlidir (yani pozitif ya da negatif tarafından bir tanesi). Genellikle pozitif tarafı kullanılır, özel bir sebebi olmayıp alıcı devrenin toplam tasarımı ile ilgilidir. Örneğin otomatik kazanç kontrolü (AGC) gibi. Sinyalin sadece üst tarafını almak için basit bir yarım dalga doğrultucusuna benzer bir devre kullanacağız. Bu devreye zarf dedektörü denilmektedir.



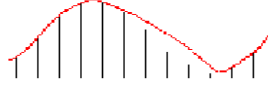
Şekil 2.55: Zarf dedektörü

Bu sinyalin içinde taşıyıcı sinyal hâlâ durmaktadır ve bizim hiçbir işimize yaramamaktadır. Taşıyıcı sinyalin frekansı çok yüksek olduğu için de zaten duyulmayacaktır. Duyulan kısım alçak frekanslı mesaj işareti olacaktır. Sinyalin içinde hem alçak, hem de yüksek frekans olduğu için bu sinyali basit bir alçak geçiren filtreden geçirirsek toplam sinyalden geriye sadece duyulabilir kısım kalacaktır.



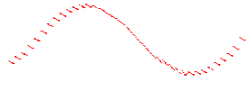
Şekil 2.56: Zarf dedektörü

Demodülasyon bu kadar basit bir yöntemle yapılmaktadır. Şimdi biraz detaya girelim. Alçak geçiren filtrenin yapısı çok önemlidir. Devredeki C kondansatörü büyük tutulursa yüksek frekanslara sahip mesaj işareti için iyi sonuç düşük frekanslara sahip mesaj işareti içinde kötü sonuç alınacaktır. Yani tekrar elde edilen mesaj işaretinde bozulmalar olacaktır. C kondansatörünü küçük tutarsak mesaj işaretinde ters yönde bir bozulma olacaktır. Yani geniş frekans spektruma sahip mesaj işaretlerinde bozulma mutlaka olacaktır. Aşağıdaki şekil bu duruma ait örneklerdir.



Şekil 2.57: Mesaj işareti

Şekil 2.57’de, C kondansatörünün büyük bir değerde olduğu zamanki çıkış mesaj işareti görülmektedir.



Şekil 2.58: Mesaj işareti

Şekil 2.58’de, C kondansatörünün küçük bir değerde olduğu zamanki çıkış mesaj işareti görülmektedir. Mesaj işaretinde bu bozulma bazı durumlarda rahatlıkla göz ardı edilebilir. Örneğin sadece konuşma içeren haberleşmelerde hiç önemi yoktur. Yeter ki konuşan kişinin ne dediği dinleyen tarafından anlaşılsın. Örnek olarak, GM telsiz konuşmaları ya da sadece haberleri okuyan spikerin sesi gibi.

Fakat bazı durumlarda bozulmanın oranı önem kazanır. En basit olarak, müzik dinlerken gerçeğe en yakın ses her zaman tercih edilir. Şunu hiçbir zaman unutmayın ki herhangi bir yöntemle modüle edilen mesaj işareti hiçbir zaman %100 saflıkla tekrar elde edilemez. Gerçeğe ne kadar yaklaşırsa o kadar iyi olur. Fakat bu iyileştirmeler çok kolay olmamakta sonuç olarak masraf demektir. Daha önceleri de dediğim gibi, sonuç olarak ne elde etmek istiyorsak ona göre modülasyon ve demodülasyon sistemleri kullanmak zorundayız.

2.4.3. Faz Kilitlemeli Çevrimin (PLL) Çalışma Tarzı ve Uygulamaları

Faz kilitlemeli döngü; elektronik iletişimde, modülasyon, demodülasyon ve frekans üretimi için oldukça yaygın bir biçimde kullanılmaktadır. Faz kilitlemeli döngüler ilk kez 1932 yılında, radyo sinyallerinin eş zamanlı algılanmasında kullanılmıştır. Ancak karmaşık yapıları ve yüksek maliyetleri sebebiyle, uzun yıllar PLL’lerin kullanımından kaçınılmıştır. Büyük ölçekli entegrasyonun (LSI) kullanıma girmesiyle, faz kilitlemeli döngüler daha az yer kaplar duruma gelmiş, daha kolay kullanılır ve daha güvenilir bir nitelik kazanmışlardır. Bu sebeple faz kilitlemeli döngüler, tüm dünyada birçok uygulamanın temel öğelerinden biri durumuna gelmiştir.

2.4.3.1. PLL'nin Temel Çalışma Esasları

Temel olarak PLL, geri beslenen sinyalin gerilim değil, frekans olduğu bir kapalı döngü geri besleme kontrol sistemidir. Temel faz kilitlemeli döngü şu öğelerden oluşur: Faz dedektörü, gerilim kontrollü osilatör (VCO), alçak geçiren filtre, işlemsel yükselteç.

Bir girişi ve bir çıkışı vardır. Çıkışın bir kısmı faz dedektörüne geri beslenir. PLL'nin görevi VCO'nun frekansı ve giriş sinyali arasındaki faz farkıyla orantılı çıkış voltajı oluşturmaktır. Aşağıda başlıca PLL elemanlarının görevleri açıklanmaktadır:

- **Faz dedektörü:** Giriş sinyali ile VCO sinyalinin fazını karşılaştırır. Çıkışı, bu iki sinyal arasındaki faz farkıyla orantılı DC bir voltajdır.
- **Alçak geçiren filtre:** PLL'nin birçok dinamik karakteristiğini bu filtre belirler. Mesela döngünün hangi frekans değerlerinde çalışacağı ve faz kilitlemesi yapacağını belirler. Ayrıca döngünün giriş frekansı değişimlerine ne kadar hızla cevap vereceğini de belirler.
- **Yükselteç:** VCO ve giriş frekansı arasındaki faz farkından dolayı oluşan DC ofset voltajını yükseltir. Yükselteç, PLL'nin hassasiyetini de artırır.
- **VCO:** Çıkış frekansı DC voltajla kontrol edilen bir osilatördür.

2.4.3.2. PLL'nin Çalışma Durumları

Üç tür çalışma durumundan söz edilebilir:

- 2.4.3.2.1. Serbest Çalışma

Eğer giriş sinyalinin frekansı ile VCO'nun frekansı birbirinden çok farklı ise serbest çalışma söz konusudur. Bu çalışmada faz dedektörü, VCO'ya geri beslenen bir DC çıkış voltajına sahiptir. Bu voltaja hata voltajı da denir.

- 2.4.3.2.2. Yakalama

Eğer giriş ve VCO'nun frekansları birbirine yeterince yakın ise yakalama işlemi başlar ve kilitleme oluncaya kadar devam eder.

2.4.3.3. Kilitleme veya İzleme

Giriş frekansı ile VCO frekansı aynı olduğu andaki çalışma kilitleme olarak adlandırılır. Bu anda, VCO sinyalinin fazı ile giriş sinyalinin fazı arasında bir fark vardır. Bu faz farkı, doğru VCO frekansı oluşturmak için, hata sinyali oluşturur. PLL kilitlendikten sonra giriş frekansının belli bir değişim aralığında kilitli kalır. Kilitleme ve yakalama aralığı dışardan bağlanacak direnç ve kapasitelerin değerlerine bağlıdır.

Örnek 1-1: Bir PLL devresindeki VCO'nun serbest çalışma frekansı 10 MHz'dir. Giriş frekansı 10 MHz'in etrafında ± 50 KHz arasında değiştiğinde VCO frekansı değişmemektedir. VCO serbest çalışmaya girmeden önce, giriş işaretini 10 MHz etrafında ± 200 KHz aralığında takip etmektedir. PLL'nin kilitleme ve yakalama sınırlarını belirleyiniz.

Çözüm: Yakalama işlemi, VCO işaretinin serbest çalışma frekansının ± 50 KHz'den daha fazla uzaklaştığı zaman gerçekleşir. Toplam dalgalanma aralığı;

$$50 \text{ KHz} \times 2 = 100 \text{ KHz}' \text{ dir.}$$

Yakalama işleminden sonra giriş işaretinin;

$$200 \text{ KHz} \times 2 = 400 \text{ KHz}' \text{ lik dalgalanma aralığında VCO, giriş işaretini takip eder.}$$

2.5. Anahtarlama Devreleri

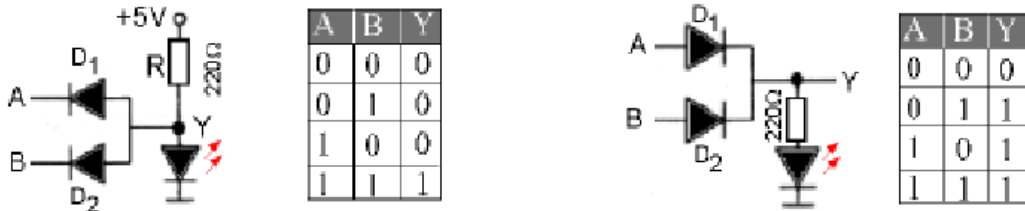
2.5.1. Lojik Kapı Entegrelerinin Yapıldığı Malzemeye Göre Sınıflandırılması

2.5.1.1. RDL (Direnç-Diyot Mantığı)

Diyot ve direnç kullanılarak yapılmış entegre türüdür.

a. RDL AND (VE) kapısının yapısı Şekil 2.59'da görüldüğü gibi A ve B girişleri 1 olduğunda led yanar, yani çıkış 1 olur.

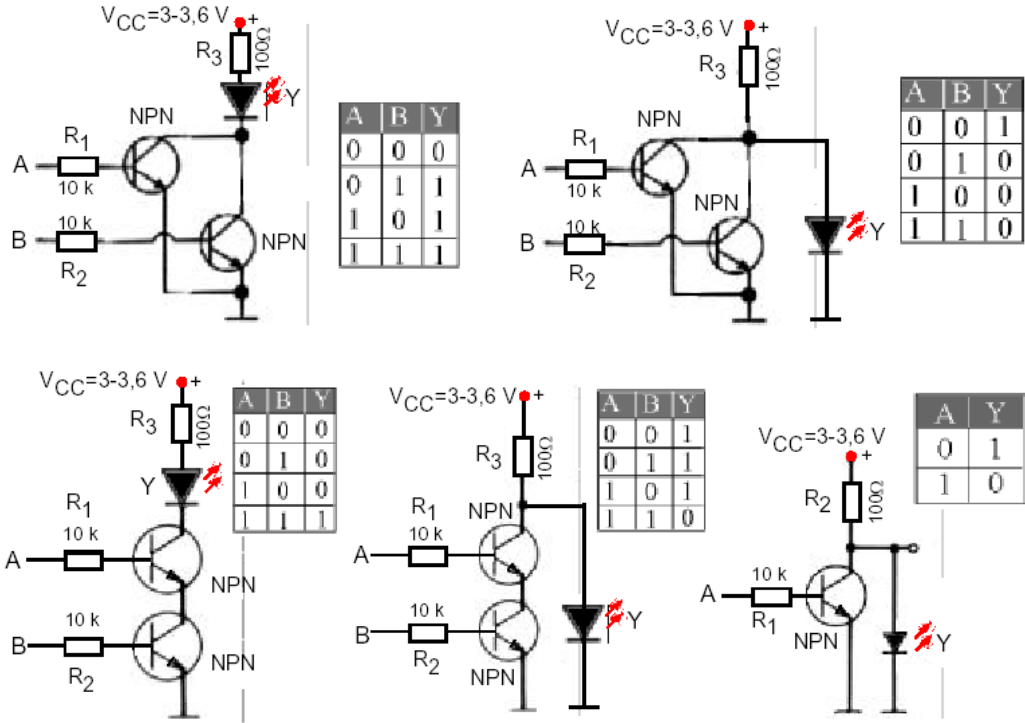
b. RDL OR (VEYA) kapısının yapısı Şekil 2.59'da görüldüğü gibi A ve B girişlerinden herhangi birisi 1 olduğunda led yanar, yani çıkış 1 olur.



Şekil 2.59: RDL ile AND ve OR kapıları

2.5.1.2. RTL (Direnç-Transistör Mantığı)

Direnç ve transistör kullanılarak yapılmış entegre türüdür. Bu tip entegreler, 3-3,6 V gerilimle çalışır. Kodlanması 700 ve 900'lü sayılarla başlar. 700 ile kodlanmış RTL entegreler 0 ile 70 °C arasında çalışabilir. 900'le kodlanmış RTL entegreler ise -55 °C ile +120 °C arası sıcaklıklarda çalışabilir. Örneğin; 703, 0 °C ile 70 °C arasında çalışabilen 3 girişli bir OR (VEYA) kapı entegresidir. 903 ise, -55 °C ile +120 °C arası sıcaklıklarda çalışabilen 3 girişli bir OR (VEYA) kapı entegresidir. Şekil 2.60'ta OR, NOR, AND, NAND ve NOT lojik kapılarının direnç ve transistör kullanılarak yapılmış şemaları ve doğruluk çizelgeleri görülmektedir.

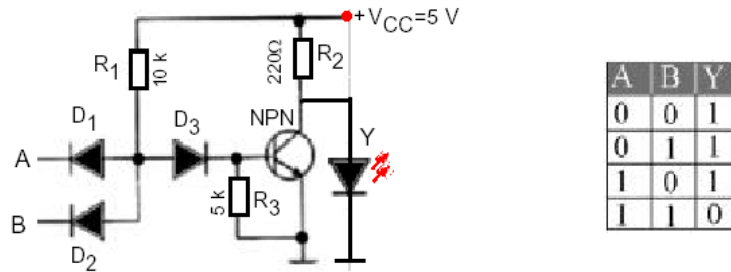


Şekil 2.60: RTL mantığı ile yapılan çeşitli kapılar

2.5.1.3. DTL (Diyot - Transistör Mantığı)

DTL tipi lojik entegreler, 830 ve 930 sayılarıyla kodlanmıştır. 830 ile kodlanmış DTL entegreler 0 ile 70 °C arasında, 930'la kodlanmış DTL entegreler ise -55 °C ile +120 °C arası sıcaklıklarda çalışabilir.

Şekil 2.61'de DTL serisi NAND kapısı verilmiştir.

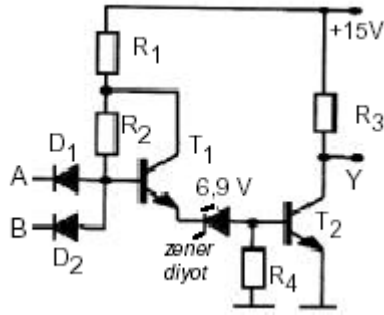


Şekil 2.61: DTL mantığı ile NAND kapısı

2.5.1.4. HTL (Yüksek Eşikli lojik, Yüksek Gürültü Bağışıklığına Sahip lojik)

HTL serisi entegreler basit olarak DTL NAND kapı devresinde D3 diyodu yerine zener diyot bağlanarak elde edilir. 660 olarak kodlanan bu entegrelerin çalışma gerilimi 15 V'tur.

Endüstride çeşitli elektromekanik (kontaktör, röle vb.) aygıtların kontrol devrelerinde kullanılacak mantık devrelerinin, ortamda mevcut elektriksel gürültüden (manyetik alan) en az etkilenmeleri için, gürültü emniyet paylarının büyük olması gerekir. Bu uygulama için geliştirilmiş olan entegre grubu HTL ailesidir.



Şekil 2.62: HTL mantığı ile NAND kapısı

2.5.1.5. TTL (Transistör-Transistör Mantığı)

Günümüzde en yaygın kullanılan dijital entegre grubudur. TTL ailesinin besleme gerilimi + 5 V'tur. 0,25 V'luk gerilim değişimi çalışmayı olumsuz etkilemez.

TTL serisi entegrelerin girişine uygulanan gerilim 0 ile 0,8 V arasında olduğunda kapı girişi bu değeri 0 olarak algılar. Kapının girişine gelen gerilimin değeri 2 ile 5 V arası bir değerde ise entegre bunu 1 olarak algılar.

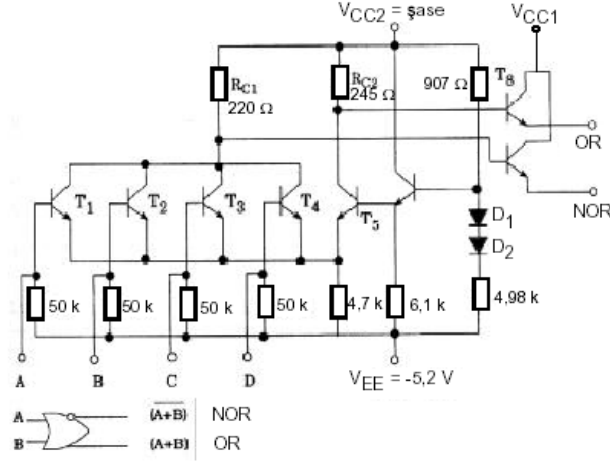
TTL ailesi endüstriyel ve askerî amaçlı olmak üzere iki modelde üretilir. Endüstriyel amaçlı TTL kapılar 74xx ile askerî amaçlı TTL kapılar ise 54xx ile kodlanmıştır.

74xx serisi TTL entegreler 0 ile 70 °C arasında çalışabilirken, 54xx serisi TTL entegreler -55 °C ile +125 °C arası sıcaklıklarda çalışabilir.

2.5.1.6. ECL (Emiter Kuplajlı Mantık)

ECL ailesi çok yüksek hız istenen dijital devrelerde kullanılır. ECL ailesi hızlıdır; ancak güç harcamaları ve gürültü bağışıklığı bakımından diğer ailelere oranlara en kötü olan entegre grubudur.

ECL grubu entegrelerin bir diğer özelliği ise OR ve NOR fonksiyonlarını aynı anda gerçekleştirebilmesidir. Yani bu tip kapı entegrelerinde iki çıkış ucu bulunur. Şekil 2.63'te OR ve NOR çıkışı veren kapının ECL devresi ve sembolü verilmiştir. ECL serisi entegrelerin üretimi 1962 yılından başlamıştır. O zamandan bu yana ECL entegre yapımında çeşitli gelişmeler olmuş ve bu gelişmeler sonucunda 4 ana ECL alt grubu ortaya çıkmıştır.

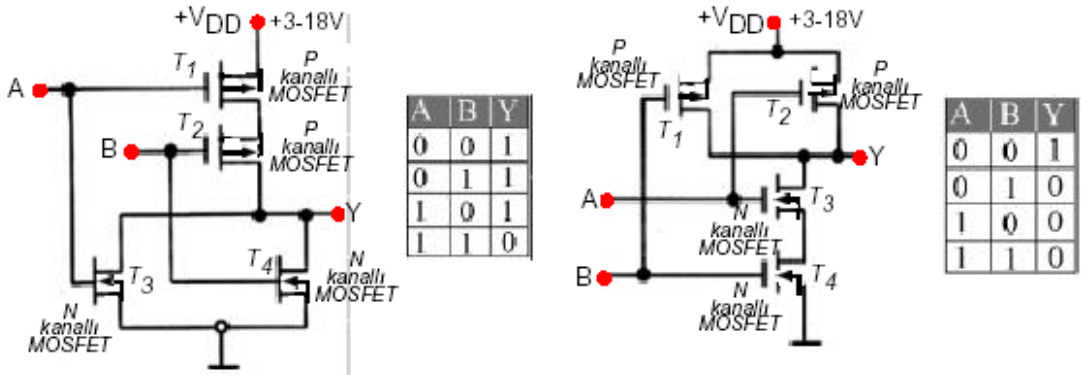


Şekil 2.63: ECL mantığı ile yapılan kapılar

2.5.1.7. CMOS (Tamamlamalı Metal Oksit Yarı İletken Mantığı)

Bu grup, 1970'li yılların başında bulunmuştur. Yapım tekniği açısından diğer gruplardan farklıdır. CMOS grubu için MOS yapım tekniği kullanılmıştır.

MOS, alan etkili transistör (JFET) üretiminde kullanılan bir teknolojidir. JFET'ler G uçlarına uygulanan gerilime göre D-S uçları arasındaki kanalı daraltıp genişleterek akım kontrolü yapar.



Şekil 2.64: CMOS mantığı ile yapılan kapılar

MOS teknolojiyle üretilmiş entegreler diğerlerine göre daha az yer kaplamaktadır. MOSFET transistörler Şekil 2.64'te görüldüğü gibi, azaltan ve çoğaltan kanallı olmak üzere iki tipte yapılır. Bu elemanlarda G ucu silisyum oksit ve silisyum nitrat adlı iki ince tabakayla yarı iletken yalıtılmıştır. Bu sayede G ucu hiç akım çekmez. Yani bu elemanlar gerilim kontrollüdür.

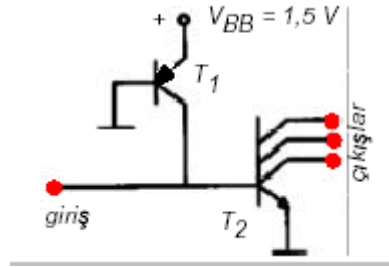
CMOS tipi entegrelerin üretimi, TTL entegrelerinin üretiminden daha basittir. Ayrıca bu serideki entegreler TTL'den daha ucuzdur.

2.5.1.8. I²L (Entegre Enjeksiyonlu Mantık)

En son bulunan lojik kapı ailesidir. Daha çok büyük ölçekli (LSI) entegrelerde kullanılır. Bazı küçük farklar olmasına rağmen çalışma ilkesi RTL ailesine çok benzer.

➤ I²L Ailesininin RTL'den Farklı Yönleri

- Kollektör direnci yerine PNP transistör kullanılmıştır.
- Beyz ucunda direnç yoktur.
- Çok kolektörlü transistörler kullanılmıştır.



Şekil 2.65: I²L mantığı ile yapılan kapılar

Şekil 2.65'te I²L ailesinde kapıların yapılışı basit olarak gösterilmiştir. Devrede 1,5 V'luk besleme gerilimine bağlı T1 transistörü beyz devresini oluşturur. T2 transistörü çıkışlar için birden çok kolektöre sahiptir. I²L ailesi ile karmaşık dijital fonksiyonlar için bir yonga (chip) üzerine daha çok devre yerleştirilmesi mümkündür.

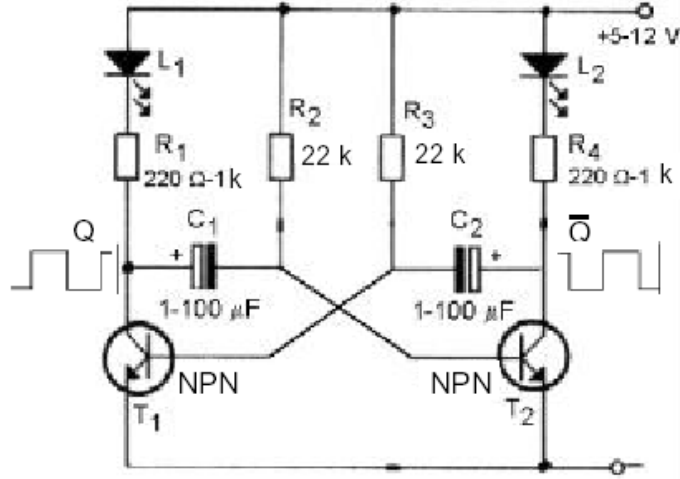
2.5.2. Multivibratörler

Bilgileri çıkışa aktarırken çıkışlardan birisini lojik 1, ötekini lojik 0 yapan devrelere multivibratör (MV) denir. Multivibratörler; bilgi saklamada, sayıcılarda, kare (ya da dikdörtgen) dalga üreteçlerinde vb. yerlerde yaygın olarak kullanılır. Multivibratör devreleri ilk önceleri tamamen transistörlerle yapılıyordu ancak günümüzde entegrelerle yapılmaktadır.

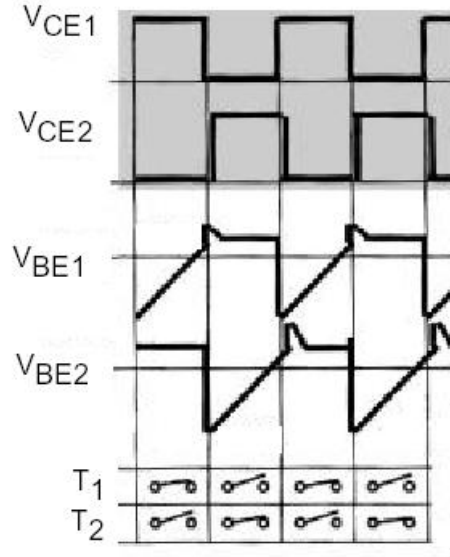
Multivibratör devresi çeşitleri şunlardır:

2.5.2.1. Kararsız (Serbest Çalışan) Multivibratör

İlk anda T2'nin iletken olduğunu varsayalım. Bu durumda L2 çalışırken, C2, T2 transistörü üzerinden eksi (-) alıp ters olarak; C1 ise, T2'nin beyzi üzerinden doğru olarak şarj olmaya başlar. Bir süre sonra dolan C2, T1'i ilettime sokar. T1 ilettime geçince doğru şarj olan C1'in akımı T2'yi hızlıca kesime sokar.



Şekil 2.66: Kararsız multivibratör



Şekil 2.67: Kararsız multivibratör devresi ve dalga şekilleri

T1'in ilettime geçmesi L1'i çalıştırır. L1 çalışırken biraz önce boşalan C1 bu kez ters, C2 ise doğru polariteli olarak dolmaya başlar. C1 dolunca T2'yi sürer. C2 üzerinde birikmiş

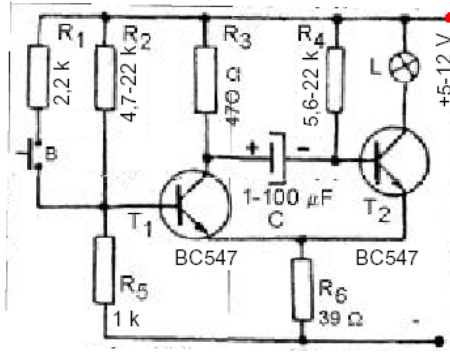
olan elektrik yükü ise T1'i kesime sokar. Devre bu şekilde çalışmasını sürdürür. Ledlerin yanma süresi R2, R3 ya da C1, C2'nin değerleri değiştirilerek ayarlanabilir.

Özetlersek, kararsız (Astable) multivibratörlerde T1 ve T2 transistörleri direnç ve kondansatör ikilisiyle sürekli olarak iletim kesime sokulduğundan devre çıkışları sürekli konum değiştirir. Bu tip devreler çalışabilmek için, herhangi bir tetikleme palsine gerek duymaz. Devrenin Q ve çıkışlarına osilaskop bağlanacak olursa kare dalga şeklinde sinyaller görülür.

2.5.2.2. Kararlı (Stable) Multivibratörler

➤ 2.5.2.2.1. Tek Kararlı Multivibratör

Bu tip, devreler, alıcıyı belli bir süre çalıştırabilmektedir. Yani tek kararlı (monostable) devrelerde çıkışa bağlı alıcının çalışma süresi geçici bir durum arz etmektedir. Başka bir deyişle bu devreler, uygulanan tetikleme palsinden sonra belirli bir süre devam eden tek pals üretir.



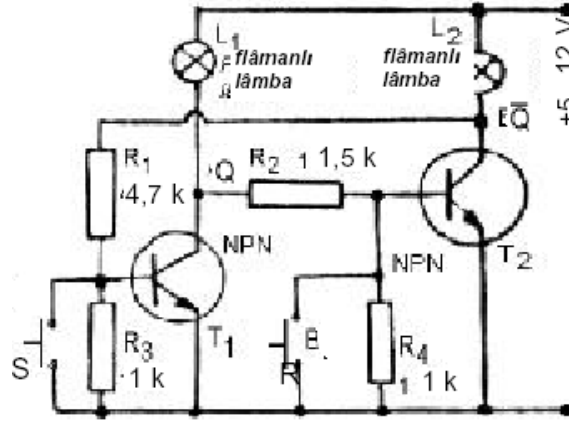
Şekil 2.68: Tek kararlı multivibratör

Şekil 2.68'de verilen devreye DC uygulanınca ilk anda T2 transistörü iletken olur, L yanar. R6 direnci üzerinde oluşan gerilimin geri besleme etkisiyle T1 iletime geçemez. T2 iletimdeyken C kondansatörü T2'nin B-E eklemi üzerinden geçen akımla şarj olur. Bir süre sonra butona basılırsa T1 iletime geçer. C'de biriken elektrik yükünün akımı T2'nin B-E eklemine ters yönde polarize eder ve T2 kesime gider. C bir süre sonra boşalacağından T2 tekrar iletime geçer.

➤ 2.5.2.2.2. İki Kararlı Multivibratör

İki kararlı (bistable) tip multivibratörlerde transistörlerden biri kesimdeyken diğeri doyumda beklemektedir. Dışarıdan giriş (S ve R) uçlarına tetikleme sinyali uygulandığında ise devredeki transistörler konum değiştirmektedir.

Şekil 2.69'da verilen devrede S'ye basılıncaya T1 kesime gider. Q noktasında oluşan yüksek değerli polarlama gerilimi, T2'yi tetiklemeye başlar ve L2 yanar. T2 iletimdeyken noktasının gerilimi azaldığından T1 kesinlikle iletime geçemez. R'ye basılırsa T2 kesime gider. Noktasında oluşan yüksek değerli polarlama gerilimi T1'i tetikler ve L1 yanar.



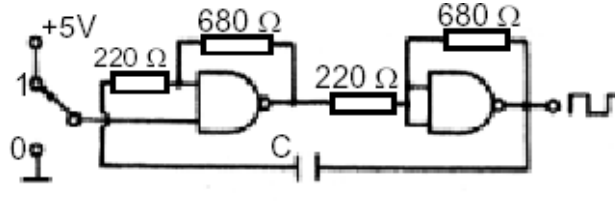
Şekil 2.69: İki kararlı multivibratör

Bu devrede iki transistörün de aynı anda ilettime geçmesi mümkün değildir. Yani devrenin Q ve noktalarında iki durum vardır. Bunlar: 1 ve 0 bilgilerini saklayan noktalar olarak tanımlanır.

Not: Devrede L1 ve L2 lambalarının yerine 1 kW'luk dirençler bağlanabilir.

2.5.3. Çeşitli Multivibratör Devresi Örnekleri

2.5.3.1. NAND Kapılı Kararsız Multivibratör



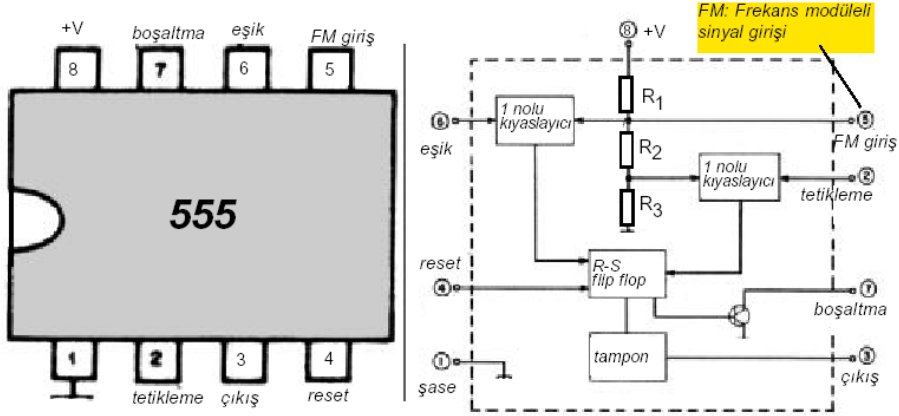
Şekil 2.70: NAND kapılı kararsız multivibratör

Şekil 2.70'de verilen devrede iki yollu anahtar 1 konumundayken çıkışta kare dalga oluşumu başlar. Anahtar 0 konumuna alınınca çıkışta sinyal oluşmaz. Devrede kullanılan kondansatörün değerine bağlı olarak çıkış sinyalinin frekansı değişir. Örneğin C 100 pF olarak seçilirse çıkış sinyalinin frekansı yaklaşık 5 MHz olur. Kondansatör 10 mF olursa devre 70 Hz'lik bir sinyal üretir.

2.5.3.2. 555 Entegreli Multivibratörler 555 Entegresinin Bazı Özellikleri

Hem tek kararlı hem de kare dalga üretici (osilatörü) gibi çalışan, birkaç mikrosaniyeden birkaç saate kadar geniş zaman geciktirmesi yapabilen entegredir.

555'lerin çalışma gerilimi DC 4,5-16 V arasında olabilir ve çıkış ucu 300 miliampere kadar akım verebilir. Entegrenin kendi iç harcaması ise yaklaşık 10 mA'dir. 555 entegresi 8 ya da 14 bacaklı olarak üretilir. Ancak yaygın olanı 8 bacaklı olandır. İki adet 555'in birleştirilmesiyle ise 556 entegresi yapılmıştır.

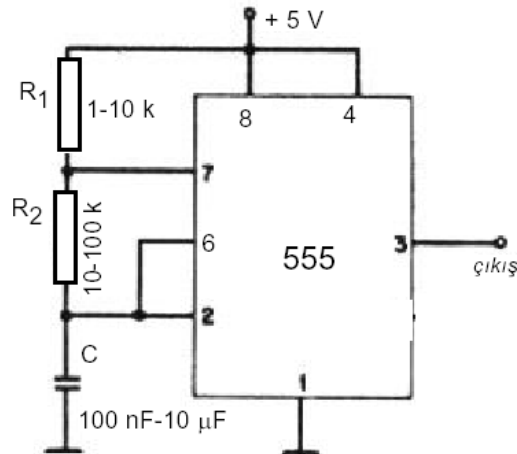


Şekil 2.71: 555 entegresi

555 entegresinin içinde komparatör (karşılaştırıcı, kıyaslayıcı), RS flip flop devresi, bufer (tampon) ve boşaltıcı (deşarj) üniteleri vardır. Şekil 2.71'e bakınız.

555 entegresi iki türlü çalışır:

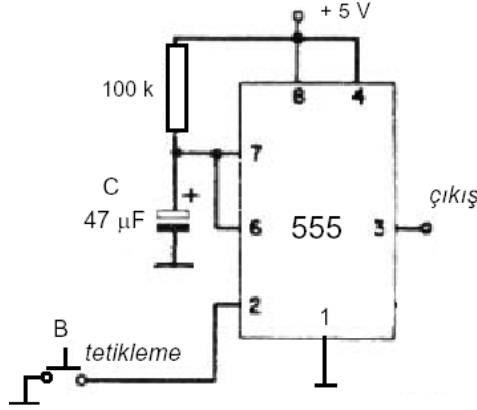
- Kararsız multivibratör
- Tek kararlı multivibratör
- 2.5.3.2.1. 555 Entegreli Kararsız Multivibratör



Şekil 2.72: 555 entegreli kararsız multivibratör

Şekil 2.72’de verilen devre 555’e dışarıdan bağlanan direnç ve kondansatörün değerine bağlı olarak 3 numaralı çıkış ucunda sürekli olarak değişen bir sinyal üretir. Kare dalga biçiminde olan çıkış sinyali kullanılarak birçok devre tasarlanabilir. En basit olarak, çıkışa bir led bağlanırsa, belli aralıklarla yanıp sönen flaşör devresi yapılmış olur. Şekil 2.72’de verilen devrenin çıkışından alınan sinyalin frekansı denklemiyle bulunur.

➤ 2.5.3.2.2. 555 Entegreli Tek Kararlı Multivibratör

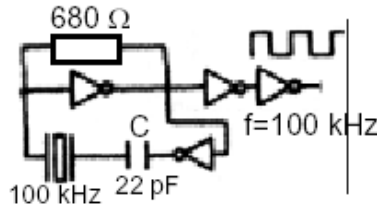


Şekil 2.73: 555 entegreli tek kararlı multivibratör

Şekil 2.73’de verilen devrede B butonuna kısa süre basılırsa 555’in 2 numaralı ayağına 0 V (lojik 0) uygulanmış olur. Bunun sonucunda 3 numaralı çıkışın gerilim değeri maksimum olur ve alıcı çalışır.

C kondansatörünün gerilimi belli bir seviyeye ulaştığında entegrenin çıkışı tekrar 0 V olur.

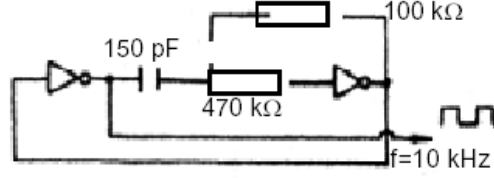
➤ 2.5.3.2.3. Kristal Kontrollü Kararsız Multivibratör



Şekil 2.74: Kristal kontrollü kararsız multivibratör

Üretilen kare dalganın frekans hassasiyetinin çok önemli olduğu devrelerde kristal kontrollü osilatörler kullanılır. Şekil 2.74’te kristal kontrollü osilatör devresi verilmiştir.

➤ 2.5.3.2.4. CMOS 4049 NOT Kapılı Kararsız Multivibratör



Şekil 2.75: CMOS 4049 NOT kapılı kararsız multivibratör

Şekil 2.73'te verilen devre CMOS serisi kapılarla kurulduğu için çıkıştaki kare dalganın tepeden tepeye gerilim değeri, entegreye uygulanan besleme gerilimine eşit değerde olur.

2.5.4. Bellek Uygulamaları

Dijital elektronikte bilgiyi saklayabilmek için; flip flop, RAM, ROM, EPROM, EEPROM, manyetik bant, disket, CD-ROM, sabit disk, DVD-ROM gibi elemanlar kullanılır.

Bellek düzeneklerinin yaygınlaşması 1980'li yılların sonlarında hızlanmıştır. Bu sayede otomasyon sistemleri küçülmüş ve çok büyük hacimli bilgi saklama, üretim sistemleri geliştirilmiştir.

2.5.4.1. Bellek Devrelerinde Adı Geçen Temel Kavramlar

a. Bit: 1 ya da 0 olan ikilik (binary) sayıdır.

b. Bellek hücresi: Tek bir biti saklamada kullanılan devre (flip-flop vb.).

c. Bayt: Sekiz bitten oluşan gruptur.

ç. Bellek kelimesi: Baytlardan ya da bitlerden oluşan grup. Kelime büyüklüğü 4 ile 64 bit arasında değişebilir.

d. Kapasite: Belirli bir bellek elemanına kaç bit saklanacağını belirler. Bunu daha iyi açıklamak için örnek verilirse, bir belleğin 4096x20 kapasitesi olduğu söylendiğinde ne anlaşılır? Bu belleğin kapasitesi 81920 bittir. İlk sayı (4096) kelime sayısını, ikinci sayı (20) her kelimedeki bit sayısını, yani kelime büyüklüğünü belirtir.

Bellek kapasitesi belirtilirken, 1 K değeri 1024 biti gösterir. Ve buna 1 kilobit denir. 4 K x 20 olarak verilen saklama kapasitesi gerçekte 4096x20 bellektir.

Örnek: 2 K x 8 olarak belirtilen yarı iletken bellekte kaç kelime saklanabilir? Kelime büyüklüğü nedir? Bu bellek kaç bit saklar?

Çözüm: 2 K = 2x1024 = 2048 kelime saklanır. Her kelime 8 bittir (bir bayt). 2048x8 = 16384 bit saklar.

e. Adres: Bellekte bulunan bir kelimenin yerini belirleyen sayıdır. Bellekte saklanan her kelimenin tek bir adresi vardır. Adresler genellikle on altılık (heksadesimal) sayılarla ifade edilir.

f. Okuma işlemi (read): Belirli bellek bölgesinde (adres) saklı olan veriyi alıp başka bir yere (kaydediciye) aktarma işlemidir. Oku işlemine, bellekteki verinin getirilmesi sebebiyle al getir işlemi de denir. CD, sabit disk veya diskette benzer şekilde okuma yapılır.

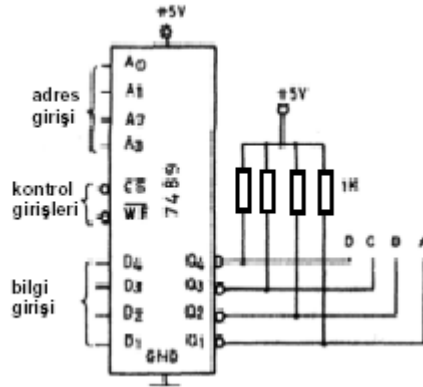
g. Yazma işlemi (write): Belirli bellek bölgesine veri yerleştirme işlemidir. Buna saklama/depolama işlemi de denilebilir. Bellek bölgesine yazılan veri, daha önce orada saklı verinin yerini alır.

ğ. Erişim süresi: Bellek elemanının çalışma hızıdır. Başka bir deyişle, oku komutu alan bellek ile bellek çıkışında verinin alınması arasında geçen süredir. Geçiş süresi tACC ile gösterilir.

h. Tamamlama süresi: Okuma ve yazma işlemini tamamlayıp, bir sonraki komut için hazır oluncaya dek geçen süredir.

ı. Geçici bellek: Elektrik enerjisi uygulandığı sürece bilgi saklayabilen bellektir. Elektrik kesildiğinde bellekte saklanan bilgi kaybolur.

i. RAM bellek: Dijital bellek elemanları, besleme gerilimi kesilince taşıdığı bilgiyi kaybeden (volatile) ve kaybetmeyen (nonvolatile) olarak ikiye ayrılır.



Şekil 2.76: Bir RAM bellek elemanı

RAM'ler devrede bilgiyi geçici olarak saklar. Bu elemana hem bilgi yazılabilir hem de yazılmış bilgi okunabilir. RAM'e uygulanan DC besleme kesilince bilgilerin tümü kaybolur.

Şekil 2.76'daki TTL 7489 entegresi 64 bit RAM'dir. Devredeki A0, A1, A2, A3 uçları adres girişleridir. Bilgi yazma için D1, D2, D3, D4 uçları kullanılır. Bilgi okuma işleminde ise Q1, Q2, Q3 ve Q4 uçları kullanılır.

Okuma işlemi anında CS lojik 0, WE ucu ise, lojik 1 değerine getirilir. Yazma işlemi sırasında ise CS ve WE uçlarına lojik 0 uygulanır.

Verilen devrede herhangi bir adresteki bilgi okununca kaybolmaz. Ancak yeni bir bilgi yazılınca eski bilgi yok olur.

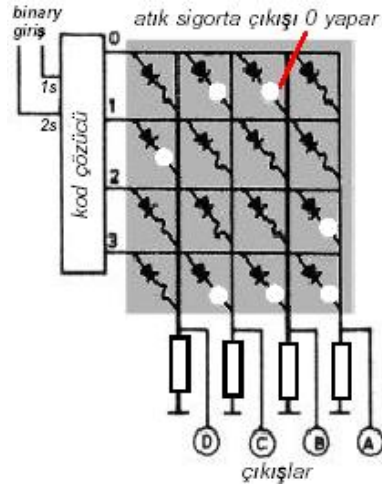
CS ucu lojik 1 seviyesindeyken okuma ve yazma işlemi yapılamaz.

TTL 7489 statik yapılı bir RAM'dir. Bu tip RAM'lerde bilgiyi tutma işlemi flip floplar tarafından yapılır.

Not: RAM'in sakladığı bilginin kaybolması istenmiyorsa entegre, şarj olabilen pil ile beslenir.

j. ROM (sadece okunur bellek): Üzerlerine yüklenen bilgileri sürekli olarak muhafaza eder. ROM'da bulunan bilgiler üretici ya da tasarımcı tarafından alıcının isteği doğrultusunda kaydedilir. Kullanıcının ROM'da bulunan bilgileri silme imkânı yoktur. Ayrıca DC enerjinin kesilmesiyle ROM'da bulunan bilgiler yok olmaz.

k. PROM (programlanabilir ROM): Bir kez programlanabilen ROM'lara PROM denir. En basit PROM entegresi diyot ve sigortalar kullanılarak üretilir. Kullanıcı, programlanmamış entegreyi özel devreler kullanarak, istediği bilgiyi saklayan eleman hâline getirebilir.

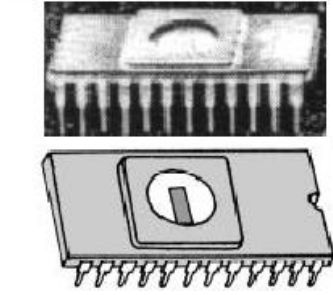


Şekil 2.77: PROM

Şekil 2.77'de verilen basit PROM'da $4 \times 4 = 16$ bellek hücresi vardır. Sigortalar sağlamken entegrenin çıkışlarında hep 1 bilgisi görülür. Özel programlayıcı devre ile herhangi bir sigortaya 50 mA düzeyinde bir akım uygulanınca bu eleman atık hâle gelir. Sigortanın atması RAM çıkışında lojik 0 bilgisinin oluşmasına yol açar. Akım uygulanarak atık hâle getirilen sigortaların onarılması mümkün olmadığından yeniden programlama yapmak imkânsızdır.

I. EPROM (Silinebilen ve Programlanabilen ROM)

Tekrar programlanabilen PROM'lara EPROM denir. Bu entegrelerin gövdelerinde şeffaf (ışığı geçiren) bir pencere vardır.



Şekil 2.78: EPROM

Entegrenin üzerindeki pencereden yaklaşık 15-20 dakika boyunca ultraviyole ışın uygulanırsa tüm bellek hücreleri (flip-floplar) yeniden lojik 1 seviyesine gelir. Yani entegrenin programı silinir.

m. EEPROM (Elektrikle Silinebilen ve Programlanabilen ROM)

Elektriksel olarak sürekli silinip yazılabilen eprom'a eeprom denir. Silme işlemi ultraviyole ışın yerine, elektrik akımıyla yapılmaktadır. Bu tip belleklerde, mosfet bellek hücresinin kanalı (drain) üzerine ince bir oksit bölgesi eklenerek, elektriksel olarak silinebilme özelliği elde edilmiştir.

Programlama işleminde, mosfet'in kapı (G) ve kanal (S) uçları arasında 21 V'luk bir gerilim uygulanarak, kapı uçlarında bir şarj oluşması sağlanır. Gerilim kesilse bile oluşan şarj devam eder ve bilgi saklanır.

Uygulanan gerilimin ters çevrilmesi, oluşan şarjın ortadan kalkmasına ve hücredeki bilginin silinmesine sebep olur. Şarj işlemi, çok küçük bir akım gerektirdiğinden eeprom'un programlanması ve silinmesi entegre devreye bağlıken yapılabilir.

Eeprom belleklerin eprom belleklere göre bazı üstünlükleri şunlardır:

- Elektriksel olarak silinebilir.
- Bellek dizisi içindeki bölgeler birbirinden bağımsız olarak silinip kaydedilebilir.
- Eprom'da ortalama 30-60 dakika olan bilgileri silme süresi eeprom'da 10 milisaniye dolayındadır.

Intel 2816 bellek entegresi, 2kx8 kapasitede 250 nanosaniye erişim zamanına sahip ilk eeprom'dur. 8264 eeprom'u ise 8kx8 kapasiteye sahiptir.

2.5.4.2. Yarı iletken Bellek Elemanlarının Yapısı

Entegre bellek elemanları, kelime adı verilen gruplar hâlindeki ikili verileri saklar. Kelime, bilgisayarda veri birimi olarak kullanılır. Kelimede bulunacak bitlerin sayısı bilgisayarın tipine göre değişir. Örneğin; 1K x 4 olarak belirtilen bellek elemanında her kelime 4 bittir ve 1024 kelime vardır. Bu bellek elemanı 4096 biti saklayacaktır.

2.5.4.3. Statik RAM Elemanları

Statik bellek genelde FET tipi elemanlarından meydana gelmektedir. Devrede kondansatörün olmaması, devreye girme (okuma/yazma) süresini azaltır, yani işlemi hızlandırır. Multivibratör benzeri tasarımda dirençlerin yerinde FET kullanıldığından (ortalama 6) pahalıdır ve fazla yer kaplar. Mikroişlemcilerde ön-bellekler bu tip RAM'lerden yapılır.

2.5.4.4. Dinamik RAM'ler

Dinamik RAM'lerde bir hücre bir transistör ve bir kondansatörden meydana gelir. Kondansatör doluyken üzerinde mantıksal 1, boşken mantıksal 0 tutmuş olur. Mantıksal 1'in sürekli üzerinde tutulabilmesi için tazeleme gerilimi uygulanması gerekir. transistörlerdeki sızıntı akımından dolayı yük zamanla kaybolacağından RAM periyodik (ortalama 2 milisaniye) olarak tazeleme gerekliliğine tabii tutulmalıdır. Bilgisayar sistemlerinde ana bellek dinamik RAM'lerden yapılır.

2.6. Kapı ve Sayıcı Devreler

2.6.1. Toplayıcı Çıkarıcı ve Karşılaştırıcılar

İkilik sayılarla toplama, çıkarma, çarpma ve bölme gibi aritmetik işlemleri yapan devrelere aritmetik birim denir. Dijital hesap makinesi, bilgisayar vb. gibi aygıtlarda esas işlemler toplama ve çıkarmadır. Çarpma işlemi, tekrarlanan toplama işlemleriyle, bölme işlemi ise tekrarlanan çıkarma işlemleriyle yapılır.

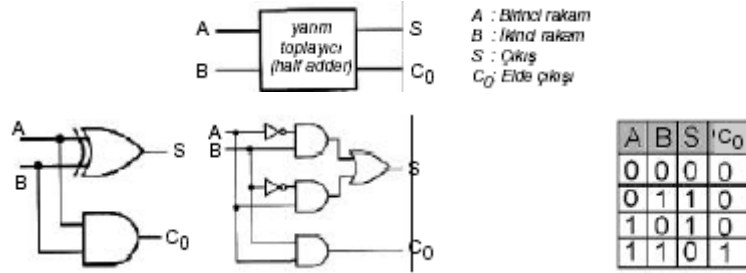
2.6.1.1. Toplayıcı Devreler

İkilik sayıların toplamasını yapan devrelerdir. İkilik sayıların toplanmasında geçerli olan kurallar:

$0 + 0 = 0, 0 + 1 = 1, 1 + 0 = 1, 1 + 1 = 10$ şeklindedir.

Burada dikkat edilmesi gereken tek işlem $1+1 = 10$ 'dur. İki tane 1'i toplayıp $1+1 = 2$ diye yazamayız. Bu işlem yapılırken $1+1 = 0$ elde 1 denir. Elde sözcüğü İngilizce'de carry ile ifade edildiğinden lojik devre anlatımlarında elde değeri C harfiyle gösterilir.

➤ 2.6.1.1.1. Yarım Toplayıcı

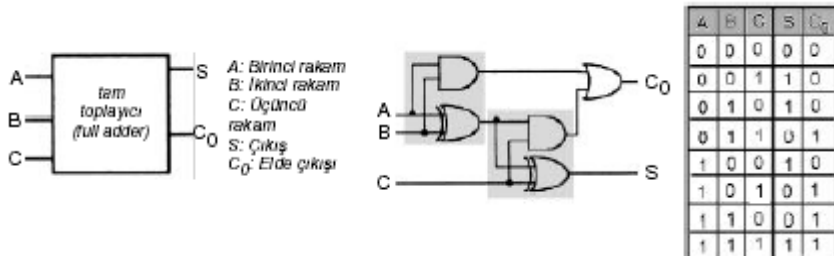


Şekil 2.79: Yarım toplayıcı

En basit toplayıcı olan bu devrenin iki giriş ve iki çıkışı vardır. Şekil 2.79’da yarım toplayıcının blok şeması, lojik kapılı devreleri ve doğruluk çizelgesi verilmiştir.

2.6.1.2. Tam Toplayıcı

Üç adet ikilik sayının toplama işlemini yapan devrelere tam toplayıcı denir. Şekil 2.80’de tam toplayıcının blok şeması, lojik kapılı devresi ve doğruluk çizelgesi verilmiştir.

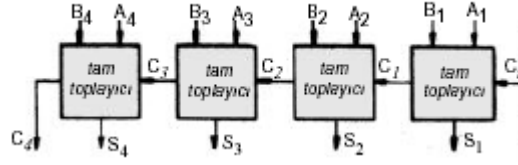


Şekil 2.80: Tam toplayıcı

Tam toplayıcıda A ve B uçları sayı girişleri, C girişi ise bir sağdaki sütundan gelen elde girişidir. Toplama işleminde bazen toplama ilave olarak elde 1 bulunduğunu biliyoruz. İşte bu C girişi bir sağdaki sütundan gelebilecek olan elde sayısını alır. Devrenin iki adet çıkışı vardır. Çıkışlardan biri toplam çıkışı diğeri ise elde çıkışı olur. Yarım toplayıcı iki ikili sayının en sağdaki basamaklarını toplayabilir. Tam toplayıcı ise sağdan gelebilecek eldeleri de alabileceği için herhangi bir basmakta bulunan sayıları toplayabilir.

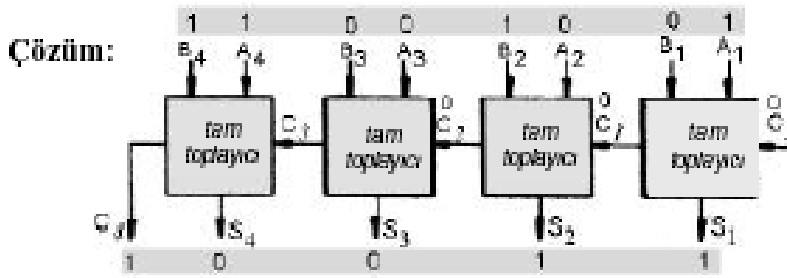
2.6.1.3. Paralel Toplayıcı

İki ikilik sayının bütün basamaklarının toplanıp sonucun elde edilebilmesi için tam toplayıcılarla yapılan devredir. Şekil 2.81’de dört bitlik iki ikilik sayıyı toplayabilen 4 bit paralel toplayıcının blok şeması verilmiştir.



Şekil 2.81: Paralel toplayıcı

Örnek: 1001 ve 1001 sayılarının toplayabilen paralel toplayıcı devresini çiziniz ve sonucu bulunuz.



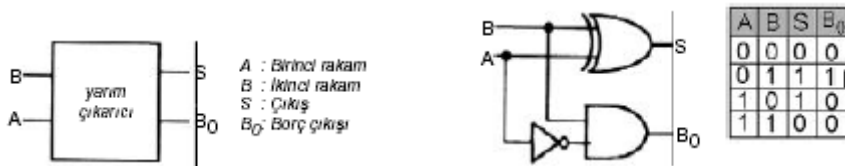
Şekil 2.82: Paralel toplayıcı

2.6.2. Çıkarıcı Devreler

Lojik devrelerde yarım ve tam olmak üzere iki adet çıkarıcı devresi kullanılır. Yarım çıkarıcı iki bit sayının, tam çıkarıcı ise üç bit sayının çıkarma işleminin yapılmasında kullanılır.

2.6.2.1. Yarım Çıkarıcı

İki adet tek basamaklı ikilik sayının çıkarma işlemini yapan devrelere yarım çıkarıcı denir. İkilik sayıların çıkarmasında geçerli olan kurallar: $0-0=0$, $1-0=1$, $1-1=0$, $0-1=1$ şeklindedir.

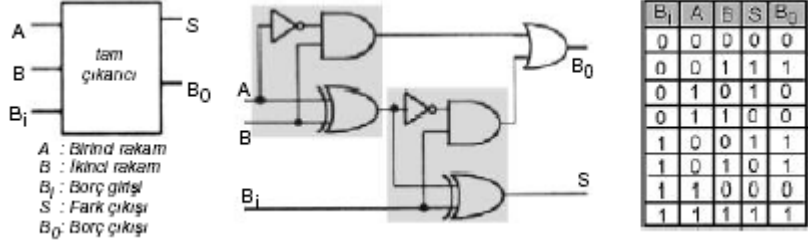


Şekil 2.83: Yarım çıkarıcı

İşlemlerde görüldüğü gibi 0'dan 1 çıkarılırken bir soldaki sütundan 1 alınarak işlem yapılan sütuna 2 olarak aktarılır. Bu sebeple fark 1, ödünç 1 olur. Şekil 2.83'te bir bitlik iki ikilik sayıyı çıkaran devrenin blok şeması, lojik kapılı çıkarma devresi ve doğruluk çizelgesi verilmiştir.

2.6.2.2. Tam Çıkarıcı

Bu devre iki yarım çıkarıcı ve bir or kapısının birleşiminden oluşur. Şekil 2.84'te tam çıkarıcının blok şeması, lojik kapılı tam çıkarıcı devresi ve doğruluk çizelgesi verilmiştir.



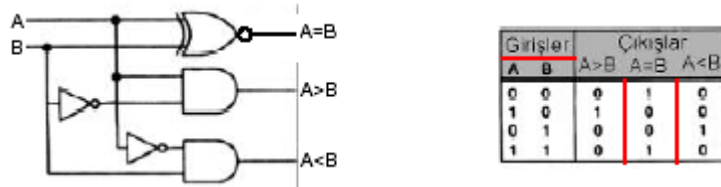
Şekil 2.84: Tam çıkarıcı (full subtractor)

2.6.3. Karşılaştırıcılar (Comparator)

Girişlerdeki iki sayıdan hangisinin büyük, hangisinin küçük ya da eşit olup olmadığını belirleyen devrelere karşılaştırıcı denir.

2.6.3.1. İki Bitlik Karşılaştırıcı

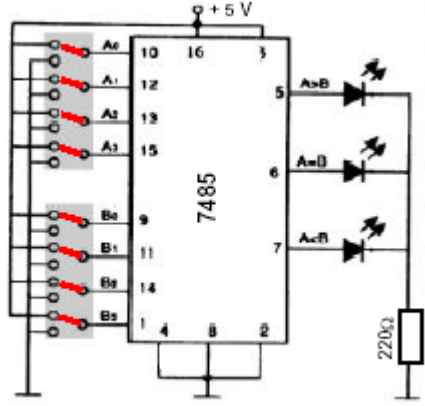
Şekil 2.85'te verilen lojik devre A, B girişlerine gelen ikili sayıların karşılaştırmasını yapar. Devrede A, B'ye eşit ise EX-NOR kapısının çıkışı 1 olur. A = 1, B = 0 olduğunda A > B çıkışı 1 olur. A = 0, B = 1 olduğunda ise A < B çıkışı 1 olur.



Şekil 2.85: İki bitlik karşılaştırıcı

2.6.3.2. Dört Bitlik Karşılaştırıcı

Dört bitlik iki ikilik sayının karşılaştırılmasında kullanılan entegre 7485'tir. Bu eleman 8 girişine uygulanan iki farklı 4 bitlik ikilik sayının karşılaştırma işlemini yapabilir. Şekil 2.86'da verilen deney bağlantı şeması uygulanacak olursa girişe gelen sayıların durumuna göre çıkışlardaki ledlerden sadece birisi yanar.

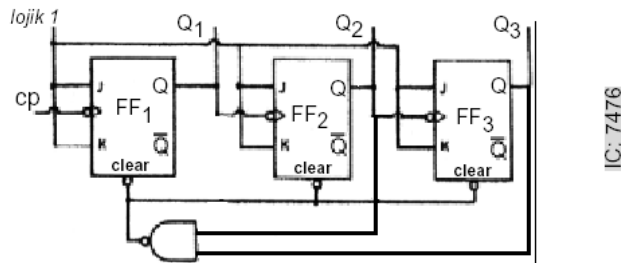


Şekil 2.86: Dört bitlik karşılaştırıcı

Örneğin A ile gösterilen girişlere 1100 ve B ile gösterilen girişlere 0101 bilgisi geldiğinde $A > B$ olduğundan $A > B$ çıkışındaki led yanar.

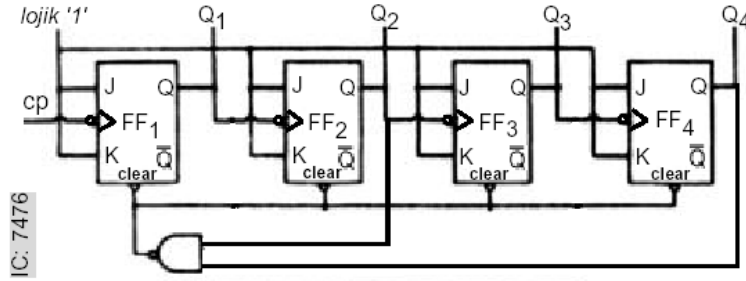
2.6.4. Sayıcı Uygulamaları ve Sayıcı Modunu Belirleme

İstenilen değere kadar sayıp sıfır değerine dönen sayıcılara programlanabilir sayıcı denir. Örneğin, 3 FF'den oluşan bir yukarı sayıcı 000 değerinden başlar, 111 değerine kadar sekiz farklı sayı çıkışı üretip yeniden 000 değerine döner. Bu tip bir devreye mod 8 sayıcı adı verilir. 3 FF'li yukarı sayıcı devresininin 101 değerinden sonra 000 değerini göstermesini istediğimiz zaman mod 6 olarak çalışan bir sayıcı yapmış oluruz. Mod 6 sayıcı devresi çalıştığında, 000,001, 010, 011, 100, 101 olmak üzere altı çeşit sayı çıkışı üretir. Sayıcı devrelerini programlı hâle getirmek için FF'lerin clear (silme) uçlarına lojik 0 bilgisi uygulanır.



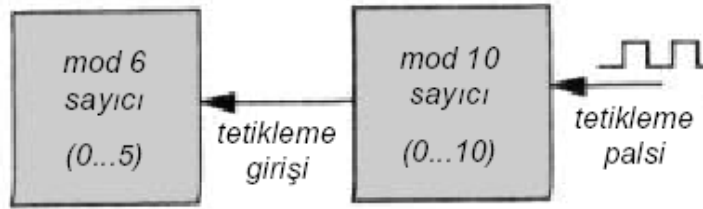
Şekil 2.87: Mod 6 sayıcı devresi

Şekil 2.87'de verilen mod 6 sayıcı devresi 110 bilgisini ürettiği an, nand kapısının çıkışında 0 bilgisi oluşur. Bu bilgi tüm FF'lerin clear girişlerine uygulanmış olacağından sayıcı devresi 110'u çıkışta göstermeden 000 konumuna döner.



Şekil 2.88: Mod 10 sayıcı devresi

Şekil 2.88'de verilen dört FF'li devre ise 0000'dan 1001 değerine kadar saydıktan sonra yine 0000 değerine döner. Sayıcının çıkışında 10 değişik sayı görüldüğü için buna mod 10 sayıcı adı verilir. Devre çıkışında 1010 değeri oluştuğu anda NAND kapısı tüm FF'lerin clear (silme) girişlerine 0 bilgisi gönderir ve devre en başa döner.

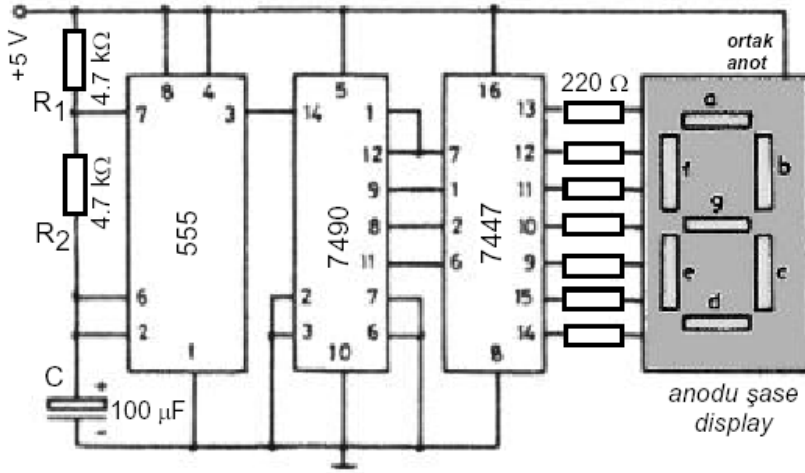


Şekil 2.89: Modlu sayıcı devresi

Modlu sayıcıların tasarımının yapıları anlaşıldığı zaman istenilen değere kadar sayan sayıcı devrelerinin üretimi yapılabilir. Örneğin; 0'dan 59'a kadar sayan bir devre yapılmak istenirse Şekil 2.89'da blok şema uygulanır. 0-59 arası sayma yapan devre 1 Hz'lik bir kare dalgayla tetiklenecek olursa dijital saat devresinin saniye kısmı elde edilmiş olur. Şekil 2.87'de devrede sağdaki sayıcı 0-9 arasında sayma yapmaktadır. Sağdaki sayıcı 9'dan sonra tekrar 0 değerine geçerken solundaki 0-5 arası sayan sayıcıyı tetikler. Böylece sağdaki sayıcı her 9 sayısını gösterdiğinde soldaki sayıcı bir basamak ilerler. Soldaki sayıcı 5 (10) durumundan 6 (11) durumuna geçerken her iki sayıcı da 0 durumuna gelir.

2.6.5. BCD Sayıcılar

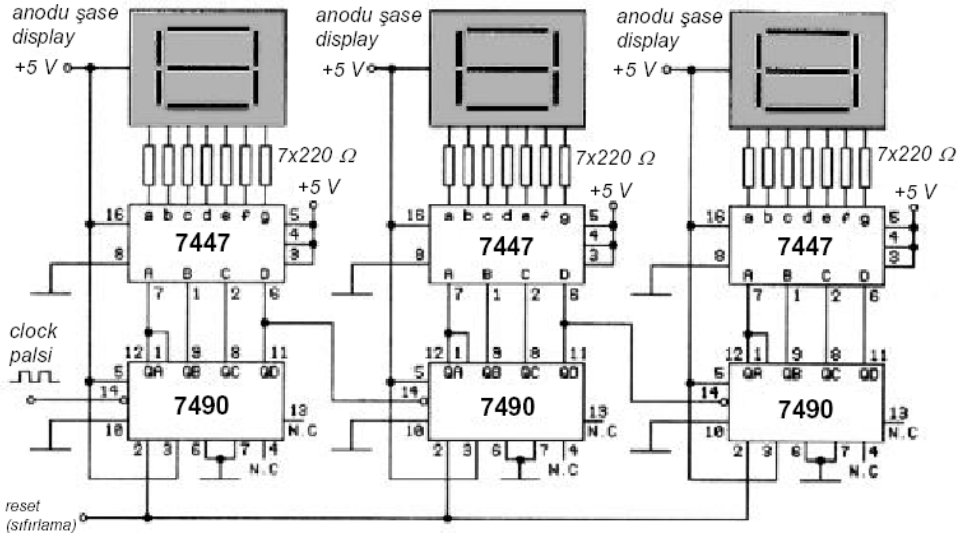
Asenkron sayıcılar kullanılan FF sayısına bağlı olarak tüm çıkışları 1 olana dek sayar ve yeniden 0'a döner. Programlanabilir sayıcılar ise istenilen bir değerden 0'a dönebilir. Tüm çıkışları 1 olduktan sonra 0 değerine dönen sayıcılar ikilik sayıcı olarak adlandırılır. 0'dan başlayıp 9 değerine kadar sayan devrelere ise BCD sayıcı adı verilir. Uygulamada kullanılan sayıcı devrelerinde birden çok FF içeren entegre kullanılır.



Şekil 2.90: BCD sayıcı devresi

Örneğin; 7490 entegresi 0-9 sayıcı devrelerinde kullanılmak üzere üretilmiştir. Bu eleman Şekil 2.90’da görüldüğü gibi BCD sayıcı olarak kullanılacağı zaman tetikleme sinyali 14 numaralı ayağa uygulanmalı, 1 ile 12 numaralı uçlar birleştirilmeli ve 2, 3, 6, 7 numaralı uçlar lojik 0'a bağlanmalıdır. Şekil 2.90’da devrenin sayma hızı; 555 entegresine bağlı R1, R2 ve C'nin değeri değiştirilerek ayarlanabilir.

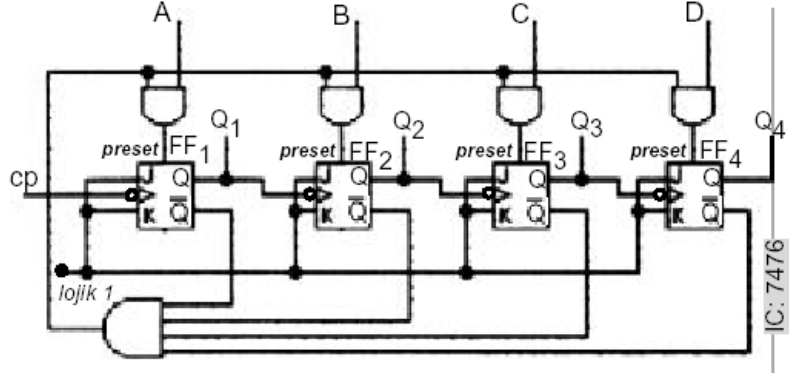
Şekil 2.91’de verilen devre ise 0 ile 999 arasında yukarı sayma yapar. Devrede en soldaki display, 7447 ve 7490 iptal edilirse 0-99 sayıcı yapılmış olur.



Şekil 2.91: Modlu sayıcı devresi

- Belirli Bir Değerden Başlayan Asenkron Yukarı Sayıcılar (Ön Kurmalı Sayıcılar)

Ayarlandıkları değerden saymaya başlayan devrelere ön kurmalı sayıcı denir. Şekil 2.92’de verilen devrede A, B, C, D uçlarına bir sayı girilmediği zaman devre 0000 değerinden 1111 değerine kadar sayma yapar. Devrede B, C girişlerine 1, A ve D girişlerine 0 uygulandığında sayıcı 6’dan saymaya başlar ve 15’ten tekrar 6’ya döner.



Şekil 2.92: Belirli bir değerden başlayan asenkron yukarı sayıcı devresi

UYGULAMA FAALİYETİ

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Temel elektronik devreleri tanımak	➤ Doğrultmaçlar, yükselteçler, modülasyon ve osilatörler anlatılır.
➤ Temel elektronik devrelerinin arızasını gidermek	➤ Temel elektronik devrelerinde karşılaşılabilecek arızalar anlatılır.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları cevaplayarak faaliyette kazandığınız bilgi ve becerileri ölçünüz.

A. FAALİYET ÖLÇME SORULARI

Aşağıdaki soruların cevaplarını doğru veya yanlış olarak değerlendiriniz.

1. () Regüle devreleri kararlı ve düzgün bir DC gerilim oluşturur.
2. () Çıkışı tam doğru akım hâline getirebilmek için dirençler kullanılarak filtre devreleri yapılmıştır.
3. () Eğer art arda bağlı birkaç yükselteç kullanılıyorsa, yani kaskat bir bağlantı varsa bu yükselteçlerin toplam kazancı, her bir yükseltecin kazancının çarpımına eşittir.
4. () Küçük genlikli (zayıf) elektrik sinyallerini güçlendirmek için kullanılan devrelere osilatör denir.
5. () Polarma (ön gerilimleme, kutuplama), yarı iletkenlerden yapılmış devre elemanlarının istenilen noktada çalışması için gereken DC gerilim anlamına gelmektedir.
6. () DC beyz polarma gerilimi sabit değilse, çıkış sinyalinin genliği sürekli olarak azalır ya da çoğalır. Bu ise çıkış sinyalinin distorsiyonlu olmasına sebep olur.
7. () Yükselteç ayarlandığı frekansta ya da sabit bir frekansta sürekli çıkış veren devrelere denir.
8. () Frekans sentezleyici; az sayıda sabit frekans kaynaklarını toplamak, çıkarmak, çarpmak ve bölmek yoluyla çıkış frekansı üretmek üzere kullanılır.
9. () Alçak frekanslı bilgi sinyallerinin, yüksek frekanslı taşıyıcı sinyaller üzerine bindirilip uzak mesafelere gönderilmesi işlemine DEMODÜLASYON denir.
10. () Faz dedektörü: Giriş sinyali ile VCO sinyalinin fazını karşılaştırır.
11. () TTL ailesinin besleme gerilimi + 5 V'tur.
12. () Multivibratörler; bilgi saklamada, sayıcılarda, kare dalga üreteçlerinde vb. yaygın olarak kullanılır.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız ve doğru cevap sayınızı belirleyerek kendinizi değerlendiriniz. Yanlış cevapladığınız konularla ilgili öğrenme faaliyetlerini tekrarlayınız.

B. UYGULAMALI TEST

Bir arkadaşınızla birlikte yaptığınız uygulamayı değerlendirme ölçeğine göre değerlendirerek, eksik veya hatalı gördüğünüz davranışları tamamlama yoluna gidiniz.

DEĞERLENDİRME ÖLÇEĞİ

DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ	EVET	HAYIR
İŞLEM BASAMAKLARI		
Doğrultma devreleri arasındaki farkları anladınız mı?		
Filtre devrelerinin çeşitlerini anladınız mı?		
Osilasyon işlemini anladınız mı?		
Modülasyon ve demodülasyonun nasıl yapıldığını anladınız mı?		
Değişik kapı devrelerinin çıkış durumlarını anladınız mı?		
Aritmetik mantık kapılarının kullanımını anladınız mı?		
DÜZENLİ VE KURALLARA UYGUN ÇALIŞMA		
Mesleğe uygun kıyafet (önlük) giydiniz mi?		
Çalışma alanını ve aletleri tertipli-düzenli kullandınız mı?		
Zamanı iyi kullandınız mı?		

DEĞERLENDİRME

Yaptığınız değerlendirme sonunda “hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Eksikliklerinizi araştırarak ya da öğretmeninizden yardım alarak tamamlayabilirsiniz. Cevaplarınızın tamamı evet ise bir sonraki faaliyete geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-3

AMAÇ

Pals devreleri kullanarak arızalarını giderebileceksiniz.

ARAŞTIRMA

Bu faaliyet öncesinde yapmanız gereken öncelikli araştırmalar şunlardır:

- Pals teknikleri ve pals üretme yöntemleri hakkında bilgi edininiz.
- Dalga şekillendirici devreler hakkında bilgi toplayınız.

Araştırma işlemleri için internet ortamında araştırma yapmanız; elektronik kitaplarını okumanız ve teknik servislerinden ön bilgi almanız gerekmektedir.

3. PALS DEVRELERİ

3.1. Pals Teknikleri

Enerjinin naklinde palsın (darbenin) kullanılması elektrikli muhabere cihazlarının icad edilmelerinin ilk günlerine kadar gider. İlk olarak pals tekniği mors kodu adıyla tanınan nokta-çizgi şeklinde telgraf muhaberesinde kullanıldı. Daha sonra gelişerek telsizlerde uzun ve kısa palslar radyo frekans enerji için modülasyon zarflan meydana getirdiler. Bu tip modülasyonlarda telsiz vericisi kısa bir zaman periyodu için çalışır ve uzun zaman periyodu için çalışmaz durumdadır.

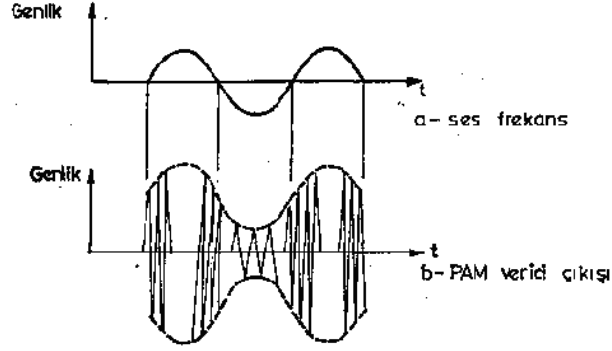


Şekil 3.1: Pals sinyalleri

Özellikle yüksek bir çıkış gücünün elde edilmesi çok zor olan mikrodalga frekanslarında pals modülasyon sistemi çok önemli bir yer işgal eder. Kısa bir süre çalışan ya da uzun bir süre çalışmayan bir verici, her durumda uzun süre çalışan bir vericiden daha az güce gerek gösterir.

Gönderme işlerinde palslar çeşitli şekilde kullanılır. Bunlardan en önemlisi PALS GENLİK MODÜLASYONU'dur (PAM). Bu sistemde ses işareti birçok ufak parçalara ayrılır. Bundan sonra her ufak parça ayrı bir darbe olarak gönderilir. Her darbenin genliği parçanın genliği ile orantılıdır. Verici bir genlik modülasyonlu palslar gönderir. Alıcıda bu palslar orjinal işareti yeniden meydana getirmek üzere kullanılır. Bu sistem hareketli resim

sisteminin aynısıdır. Hareketli resim kamerası bir seri resim alır ve bu resimler uygun bir süratle ekran üzerine yansıtılırsa resimdeki cisimler hareket eder gibi görülür. Aynı şekilde palsin tekrarlama sürati, gözün resimleri hareketli görmesi gibi kulakta sesi devamlı olarak duyar.



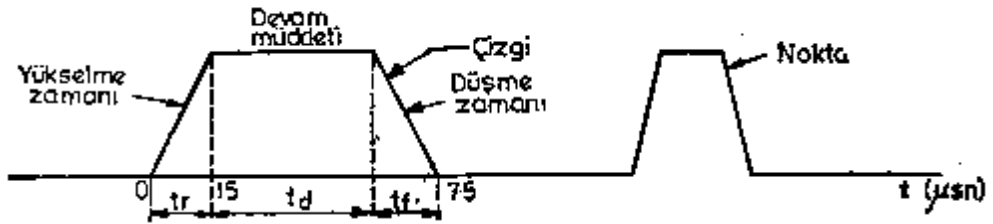
Şekil 3.2: Gönderme işlerinde palslerin kullanımı

3.1.1. Palsin Tarifi

Bir pals, gerilim veya akımın kısa zamanda ani olarak değişmesi şeklinde tarif edilir. Örneğin; telgraf hattında anahtar (maniple) normal olarak açık durumdadır ve hatta akım yoktur. Maniple kapandığından hatta akım uygulanır ve akım aniden belirli değere yükselir. Daha sonra maniple açılınca akım tekrar sıfır olur. Akımın bulunduğu zaman periyodu pals olarak adlanır.

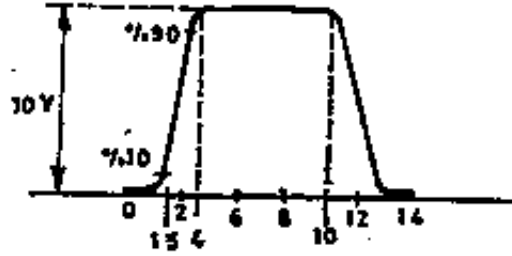
3.1.2. Yükselme Zamanı

Maniple kapandığında akım aniden telgraf hattında son değerine yükselemez. Akımın son genliğine ulaşabilmesi için belirli bir zaman periyoduna ihtiyaç vardır. Bu zaman periyodu YÜKSELME ZAMANI (t_r) olarak adlandırılır. Şekil 3.3'te görüldüğü gibi pals, $t = 0$ iken yükselmeye başlar ve $t = 15$ iken azami genliğine ulaşır. Dolayısıyla yükselme zamanı 15μ saniyedir.



Şekil 3.3: Palsin yükselme zamanı

Gerçek fiziki devrelerde, pals başlangıçta yavaş yavaş yükselmeye başlar ve sonra Şekil 3.3'te görüldüğü gibi aniden azami değerine doğru artar.

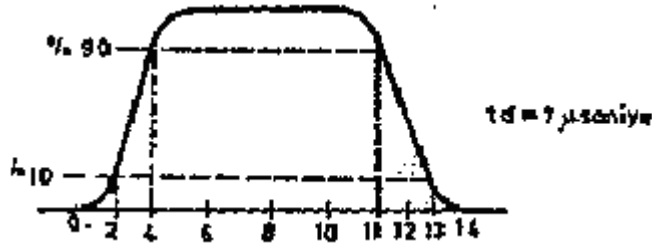


Şekil 3.4: Palsin yükselme zamanı

Bu tip paklarda yükselme zamanı, tepe geriliminin % 10'undan % 90'ına kadar gerilim yükselmesi için geçen zaman olarak tarif edilir. Altta ve üstteki yuvarlak kısım yükselme zamanına katılmaz.

3.1.3. Devam Süresi

Akım azami değerine vardıldıktan sonra pals süresine eşit bir zaman periyodu için bu azami değerinde bir değişiklik olmaz. Pals devam süresi t_d ik gösterilir. Şekil 3.5' te pals süresi 7 μ saniyedir. Devam süresi yükselme zamanının sonunda başlar ve düşme zamanının başında sona erer.



Şekil 3.5: Pals zaman periyodu

3.1.4. Düşme Zamanı

Anahtar açıldıktan sonra akım sıfıra düşer. Bu işlem aniden olmaz. Fakat düşme zamanı olarak bilinen belirli bir periyoda ihtiyaç vardır. Düşme zamanı t_f , kesin olarak tayin edilemez ve azami değer % 90 ile % 10'u arasındaki zaman olarak kabul edilebilir. Şekil 3.5' te görüldüğü gibi düşme zamanı $13 - 11 = 2 \mu$ saniyedir.

3.1.5. Pals Periyodu

Eğer palslar Şekil 3.6'da görüldüğü gibi periyodik olarak meydana gelirse iki ilave karakteristiktan daha bahsedilir.



Şekil 3.6: Pals periyodu

Bunlardan biri pals periyodu (prt) (pals tekrarlanma zamanı) t_p 'dir. Pals periyodu palstaki bir noktadan, takip eden palstaki aynı noktaya karşılık olan nokta arasındaki geçen zamandır. Örneğin, birinci palsın yükselme zamanının % 50'sinden sonra gelen palsın yükselme zamanının % 50' sine kadar geçen zaman gibi.

Bir palsın periyodu; yükselme zamanını, devam süresini, alçalma zamanını, n iki pals arasındaki aralığı kapsar.

3.1.6. Tekrarlama Derecesi

İkinci karakteristiği pals tekrarlama derecesi (prp-pulse review ratio) veya pals tekrarlama frekansı (prf-pulse review frequency) dir. Pals tekrarlama derecesi 1 saniyede 1000 pals meydana gelmişse pals tekrarlama derecesi 1000'dir. Veya cps (saniyede saykıldır).

Pals tekrarlama derecesi $1/prt$ 'ye eşittir veya ters olarak pals periyodu $1/prf$ 'ye eşittir.

3.1.7. Pals Şeklinin Önemi

Çeşitli Pals Parametreleri: Burada tipik üç uygulama incelenecektir:

- Telgraf için, pals müddeti çok önemlidir. Zira telgraf esası nokta ve çizgilerin kesin olarak ayrılmasına dayanır.
- Radarlarda; gönderilen ve yansıyan işaret arasındaki zaman aralığının değeri orantılıdır. Zira bu zaman mesafe cinsinden radar ile hedef arasındaki uzaklığın hesaplanmasında esastır. Bu zaman aralığı gönderilen palsın yükselme zamanının başlangıcı ile alınan palsın yükselme zaman başlangıcı arasında ölçülür. Eğer alınan pals, gönderilen pals ile aynı çabuklukta yükselmezse zaman ölçmesi doğru olmaz ve mesafe yanlış çıkar. Örneğin; zaman ölçmesinde yanlışlık 2μ saniye olsa bu zaman aralığı 328 yardalık bir yanlış mesafe ölçmesine sebep olur.
- Pals genlik modülasyon sisteminde palsın genliği çok önemli parametredir. Bileşenlerin genliğinin değişmesi bir ses işaretinin distorsiyona uğramasına, hatta anlaşılabilir bir şekil almasına sebep olur.

3.1.8. Devrelerin Pals Parametrelerine Etkileri

Palsın şekli önemlidir. Bazı devreler, palsın çeşitli kısımlarına değişik şekilde etki yapar. Bir filtre devresi yükselme ve düşme zamanına etki etmez. Ancak devam müddeti zamanında şekli etkiler. Bir başka filtre devresi yükselme ve düşme zamanını değiştirir. Fakat devam müddeti zamanını değiştirmez.

Birçok muhabere sistemlerinde pals parametreleri, gönderilen bilgileri etkileyecek şekilde değişebilir. Bir telgraf işaretinde yükselme ve düşme zamanı artabilir ve işaretin anlaşılabilirliği kalmaz. İşletmecinin (operatör) nokta ve çizgileri ayırt edebilmesi için yüksek sadakat şartlarının sağlanması icap eder. Bunu sağlamak için transmisyon hattının üzerindeki işareti distorsiyona uğratmayacak özelliğe sahip olması gerekir.

Azami yükselme ve düşme zamanlarının belirli sınırlar içinde olması gerekir. Yükselme zamanı, düşme zamanı başlamadan evvel palsın istenen genliğe ulaşmasına kâfi gelecek kadar hızla olmalıdır. Aksi halde azami değere hiçbir zaman ulaşılmaz. Aynı şekilde, düşme zamanı ikinci pals gelinceye kadar akımı sıfır edecek kadar kısa olmalıdır. Aksi halde pals diğer bir palsa karışır.

Radar sistemlerinde kademe, yükselme zamanı belirli değerinde tutulmak suretiyle tam olarak tayin edilebilir.

Bir pals genlik modülasyon sisteminde, eğer pals genliği değişmiyorsa yüksek kaliteli ses göndermesi yapılabilir. Gerek radarlarda, gerekse PAM cihazlarında daha sonra gelen palslarla karışmayı önlemek üzere düşme zamanı sınırlanmalıdır.

Taşıdığı bilgilere bağlı olarak, pals parametrelerinin hangisi önemli ise ona göre bir devre seçilmelidir.

3.1.9. Pals Distorsiyonu

Bir pals, sonsuz miktarda harmonik frekanslardan meydana geldiğinden pals distorsiyonu önemli bir faktördür. Bir palsı hiçbir distorsiyona uğramadan geçirmek için sonsuz bant genişliğine ihtiyaç vardır.

Böyle bir devrenin gerçekleştirilmesi imkânsız olduğundan bir miktar distorsiyona müsaade edilmesi ve bu palsların, cihazın kullanılmasında faydalı olan kısımlarını sabit tutulmak üzere distorsiyonlarını sınırlamak icap eder.

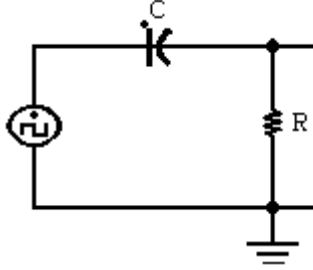
Sonuç olarak, pals göndermesi için kullanılan devreler palsın bilgileri taşıyan belirli hayati kısımlarını iyi şekilde göndermesi gerekir. Uygulamada iyi yükselme zaman karakteristiğine sahip devreler, genliği sınırlayan devreler, müddeti kontrol eden çeşitli devreler mevcuttur.

3.2. Pals Devreleri Çeşitleri

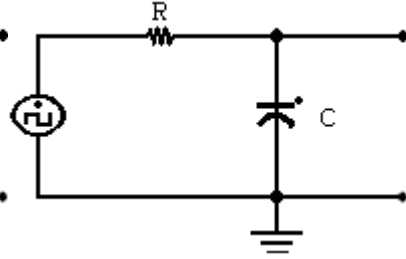
Pals devreleri 7 'ye ayrılır:

- Diferansiyel Devreleri
- İntegral Devreleri
- Kilitleme Devreleri
- Kırpıcı Devreler
- Miller Devreleri
- Boot Strobe Devreleri
- Schmitt Trigger Devreleri
- OP-AMP 'lı Schmitt Trigger Devreleri

3.2.1. Diferansiyel Devreleri



Şekil 3.7: Türev alıcı devre



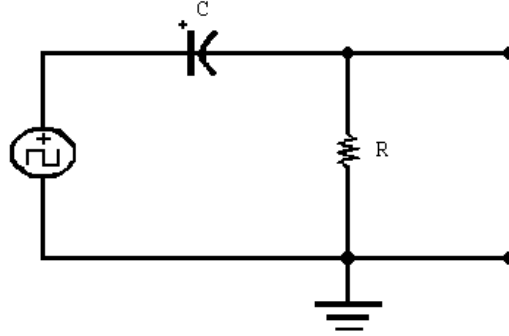
Şekil 3.8: İntegral alıcı devre

Diferansiyel (türev alıcı) devre Şekil 3.7 'de görüldüğü gibi seri R-C 'den oluşur. Devrenin görevi ise, girişine uygulanan sinyalin türevini almaktır. Diferansiyel devrede çıkış R 'den, integral alıcıda Şekil 3.8 'de görüldüğü gibi C 'den alınır. Diferansiyel devre seri R-L devresinden oluşmuş olsaydı, çıkış L üzerinden alınacaktı.

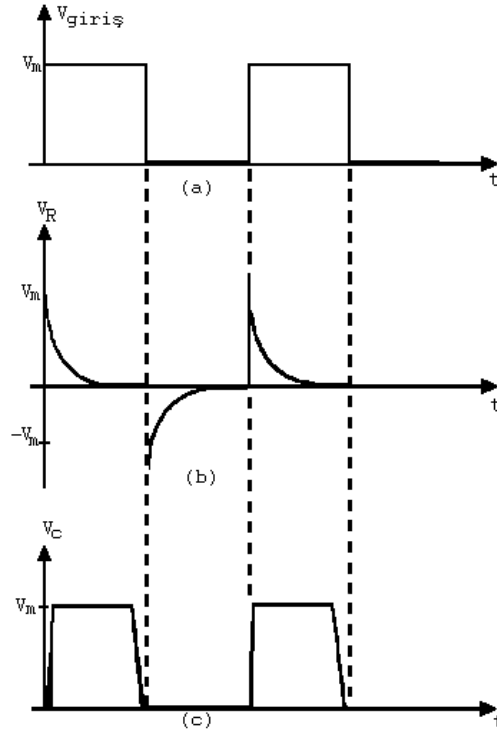
Şekil 3.7 'deki gibi seri R-C devresinin zaman sabitesi $T = R.C$ 'dir. Bir kondansatör, kendisine uygulanan voltajın;

- 1 T zamanında % 63 'üne
- 2 T zamanında % 86,3 'üne
- 3 T zamanında % 94,9 'una
- 4 T zamanında % 98,1 'ine
- 5 T zamanında % 99,3 'üne şarj olur.

Örneğin; $R = 1 \text{ K}\Omega$, $C = 1\mu\text{F}$ olan seri bir R-C devresinin zaman sabitesi $T = 1.103.1.10^{-6} = 1 \text{ ms}$ 'dir. Böyle bir devreye 100 Volt 'luk bir gerilim uygulandığını varsayalım. 1 ms sonra kondansatör üzerindeki voltaj 63 V 'tur. Burada 1 ms, 1 T 'tur. 2 ms sonra kondansatör üzerindeki voltaj 86,3 Volt 'tur. Burada 2 ms, 2 T 'tur. 3 ms sonra kondansatör üzerindeki voltaj 94,9 Volt 'tur. 4 ms sonra 98,1 Volt, 5 ms sonra 99,3 Volt 'tur. Buradan anlaşılacağı gibi bir kondansatör, ancak 5 T süresince, kendisine uygulanan kaynak voltajının tamamına şarj olur (% 99,3 'ü yaklaşık % 100 alırsak).



Şekil 3.9 (a): Türev alıcı devre



Şekil 3.9 (b): Türev alıcı devrenin dalga şekilleri

Şekil 3.9.(a) 'daki gibi V_m genlikli kare dalgayı devrenin girişine uygulayalım. Kare dalganın (+) alternasında, ilk anda kondansatör üzerindeki gerilim sıfır olduğu için direnç üzerindeki gerilim $V_R = V_m$ olur. Daha sonra, kondansatör $5 T$ saniye sonra ($T =$ zaman sabitesi) kare dalganın maximum seviyesine, V_m değerine şarj olacaktır. Çünkü bir kondansatör, uygulanan voltajın tamamına ancak $5 T$ süresinde şarj olabilir. Dolayısıyla, kondansatör şarj oldukça, direnç üzerindeki gerilim azalır, sıfıra düşecektir. Kare dalga sıfır volta inerken, ilk anda V_m değerine şarj olan kondansatör üzerindeki gerilim, $-V_m$ olarak direnç üzerinde görülür. Çünkü kondansatör, kare dalgaya şarj olurken, sol ucu (+) sağ ucu da (-) olarak kutuplanır. Daha sonra yine $5 T$ saniye içinde kondansatör direnç üzerinden boşalacağı için direnç üzerindeki gerilim sıfıra düşecektir. Direnç ve kondansatör

gerilimlerinin dalga şekilleri Şekil 3.9. (b) ve (c)” de gösterilmiştir. (b) şeklinde görüldüğü gibi dalga darbeler şeklinde olup adı sivriltilmiş dalgadır. O halde:

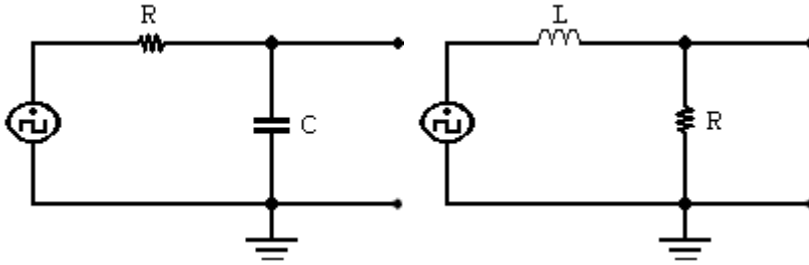
- * Kare dalganın türevi sivriltilmiş dalgadır.
- * Devre girişine uygulanan sinyalin türevim alabilmesi için devrenin zaman sabitesi, uygulanan kare dalganın periyodundan çok küçük olmalıdır. Bir türev alıcıya uygulanan giriş işaretinin frekansı f_m ise

$t \ll 1 / f_m$ olarak seçilmelidir,

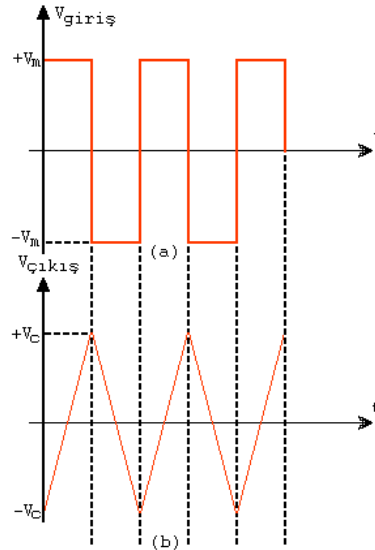
Türev alıcı devreyi kısaca özetlersek:

- * Girişe kare dalga uygulandığında, çıkıştan sivriltilmiş dalga elde edilir.
- * R-C devrede çıkış R üzerinden, R-L devrede ise L üzerinden alınır.
- * Kısa zaman sabitesi kullanılır. Kısa zaman sabitesi formülize edilirse $t / T \gg 10$ elde edilir. Bu formülde; t değeri, girişe uygulanan sinyal periyodunun yarısıdır. T değeri ise zaman sabitesidir.

3.2.2. İntegral Devreleri



Şekil 3.10: İntegral devreleri



Şekil 3.11: İntegral alıcı devrenin giriş-çıkış dalga şekilleri

İntegral devreleri girişine uygulanan sinyalin integralini alarak çıkışına aktaran devreler olup Şekil 3.10 'daki gibi R-C veya R-L devrelerden oluşur. R-C devrede çıkış C 'den, R-L devrede ise R 'den alınır. İntegral alıcı devrelerin çalışmasında en önemli faktör, türev alıcılarda olduğu gibi T zaman sabitesidir.

R - C veya R-L devrenin zaman sabitesi T, uygulanan giriş sinyalinin periyodundan oldukça büyük olmalıdır.

Şekil 3.11 (a) 'daki gibi V_m pozitif tepe değerleri kare dalganın, R-C devresinden oluşan integral alıcı devrenin girişine uygulandığını düşünelim. Devrenin zaman sabiti kare dalganın periyodundan büyük olduğu için kondansatör kare dalganın maximum değerine yarım periyod da şarj olamayacaktır. Ancak, V_c gibi bir değere ulaşacaktır. Aynı şekilde, kare dalga negatif alternansa geçtiğinde kondansatör tamamen deşarj olmayıp, $-V_c$ gibi bir değere inecektir. Bu durum böylece periyodik olarak devam ettikçe çıkıştan üçgen dalga alınacaktır. Kondansatörün şarj olup deşarj olması, devrenin zaman sabitesi doğrusal olmaktadır.

- Kare dalganın integrali, üçgen dalgadır.
- İntegral alıcı devreler uzun zaman sabitesi kullanır.

Uzun zaman sabitesi formülize edilirse:

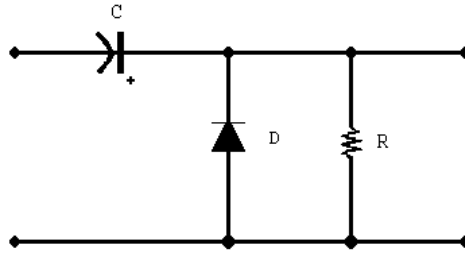
$$T \gg 10.t$$

Burada:

t değeri, girişe uygulanan sinyal periyodunun yarısıdır.

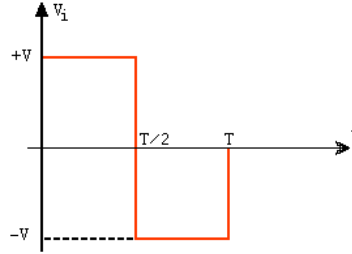
T değeri ise zaman sabitesidir. R - C devreleri $T = R.C$ iken R - L devrelerde L / R 'dir.

3.2.3. Kilitleme Devreleri



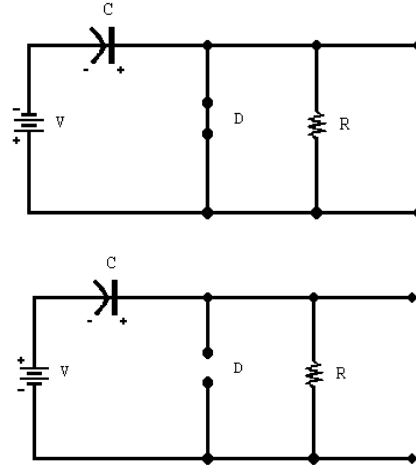
Şekil 3.12: Kilitleyici

Kilitleyici veya kenetleyici (clammer) devreleri, herhangi bir sinyalin en üst veya en alt seviyesini sabit bir gerilimde tutar. Pozitif veya negatif kenetleyici olmak üzere iki tiptedirler. Şekil 3.12 'de pozitif kilitleme devresi görülmektedir. Devrede bir kondansatör, bir diyot ve bir direnç bulunmalıdır. Ancak, ek bir kayma elde edilmek isteniyorsa, devrede bir DC kaynak kullanılmalıdır.



Şekil 3.13: Pozitif kenetleyiciye giriş işaretinin uygulanması

Kenetleyici devrelerde, R ve C 'nin değeri, $T = R.C$ zaman sabiti, kondansatördeki gerilim, diyodun yalıtımda olduğu zaman içinde boşalmayacak büyüklükte olmalıdır. Analiz süresince kondansatörün 5 T süresince tamamen şarj veya deşarj olduğu kabul edilecektir. Pozitif veya negatif kenetleyicilerin analizlerini anlamak için, diyodu kısa devreye götüren giriş alternansından başlanmalıdır. Şekil 3.13'teki pozitif kenetleyicideki diyodu ilettime sokacak giriş alternansı negatif alternansıdır. Her bir alternans V geriliminden oluştuğu için, temsilen bir batarya gibi düşünülebilir.



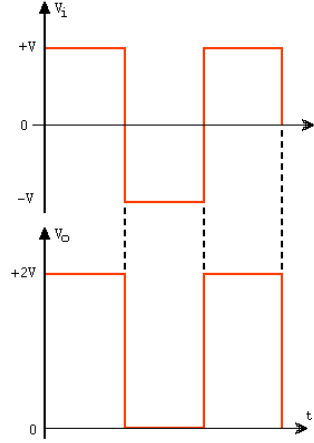
Şekil 3.14: Girişin (-) ve (+) alternansları

Şekil 3.14'te görüldüğü gibi girişin (-) alternansında devreye -V bataryası, girişin (+) alternansında ise +V bataryası temsilen devrenin girişine uygulanmıştır.

Giriş sinyalinin negatif alternansında, diyodun anoduna (+), katoduna (-) geldiği için diyot iletimde olup, kısa devre gibi düşünülebilir. Diyot direnci de kısa devre yapacağından, kısa devre hattın voltaj alınmayacağı için ($U = I.R = I.0 = 0 = \text{Volt}$) çıkış 0 voltur. $T = R.C$ zaman sabite formülü, bu durumda çok küçüktür. Çünkü R direnci, diyodun iletimde olmasıyla kısa devre olmuştur. Devredeki iletkenlerin direnci de çok küçük olduğu için, çok kısa sürede kondansatör sol ucu (-), sağ ucu (+) kutuplanarak V voltaj değerine şarj olur.

Giriş sinyalinin pozitif alternansında, diyodun anoduna (-), katoduna (+) geldiği için diyot yalıtımda olup, açık devre özelliği gösterir. Burada R.C ile belirlenen zaman sabiti $T/2$ periyodundan çok daha büyük 5 T'luk bir deşarj süresini meydana getirebilecek değerdedir. Yani kondansatör, direnç üzerinden çok kısa sürede boşalmayacaktır. Bir önceki alternansta V değerine şarj olan kondansatör ile +V tatbik voltajı seri durumdadır. O halde çıkış voltajı

$$V_o = V+V = 2V \text{ olur.}$$



Şekil 3.15: Pozitif kenetleyicinin giriş-çıkış dalga şekilleri

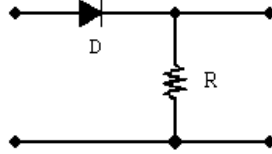
Pozitif kenetleyici devresinde girişin (+) alternansında çıkıştan 2V 'luk, (-) alternansında da 0 Volt alındığını gösteren çıkış dalga şekli Şekil 3.15'te gösterilmiştir. Negatif kenetleyici devresinin analize girişin (+) alternansından başlamak üzere bir analiz yapılabilir. Pozitif kenetleyicideki diyodun yönü ters çevrilirse negatif kenetleyici elde edilir.

Hariçten DC batarya kullanılmayan kenetleyici devrelerde çıkış sinyali sıfır referans noktasına kilitlenir veya kenetlenir.

Kenetleyici analizlerinde aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir:

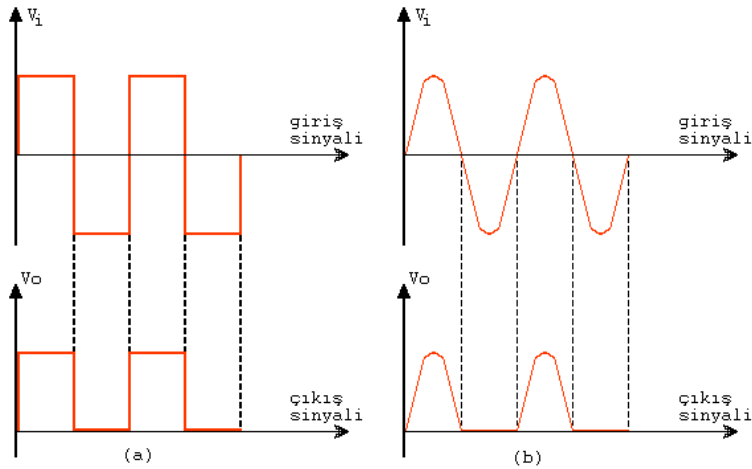
- Analize, her zaman diyodun doğru bayaslanacağı bir giriş alternansından başlanmalıdır.
- Diyodun kısa devre olduğu alternansta, kondansatörün hemen şarj olacağı düşünülmelidir.
- Diyodun açık devre olduğu durum içerisinde kondansatörün hemen boşalamayacağı düşünülmelidir.
- Giriş sinyali, tepeden tepeye hangi değerde ise çıkış sinyali de tepeden tepeye aynıdır.

3.2.4. Kırpıcı Devreler



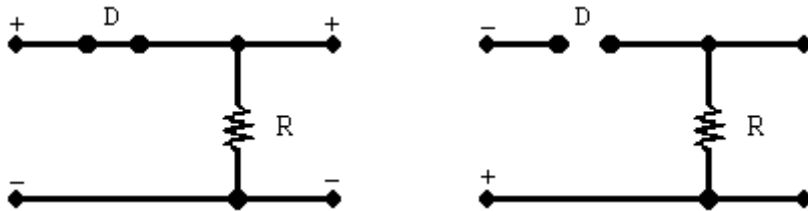
Şekil 3.16: Kırpıcı devre

Girişine uygulanan sinyalin bir bölümünü kıran devrelere KIRPICI DEVRELER adı verilir. En basit kırpıcı devre Şekil 3.16'da görüldüğü gibi yarım dalga doğrultmaç şeklindedir. Diyodun yönüne bağlı olarak giriş sinyalinin pozitif veya negatif alternansı kırılır. Seri ve paralel kırpıcı olmak üzere 2 tiptedir. Seri kırpıcılara diyot yüke seri, diğerinde ise paraleldir.



Şekil 3.17: Kırpıcı devre giriş-çıkış sinyalleri

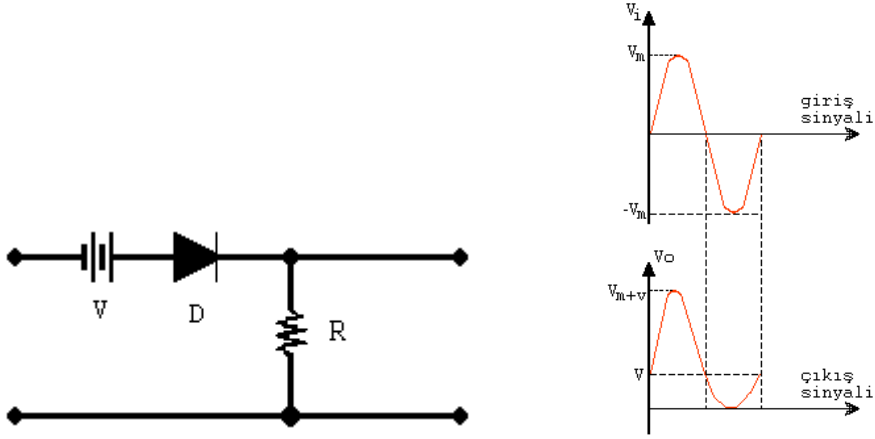
Şekil 3.16'daki kırpıcı devrenin girişine, şekil 3.17 (a) 'da gösterildiği gibi bir kare dalga uygulayalım.



Şekil 3.18: Girişin (+) ve (-) alternanslarındaki eş değer devreler

Girişin (+) alternansında, girişin üst ucu (+), alt ucu (-) olacağı için diyot iletimdedir. R direnci üzerinden alınan çıkış sinyali, giriş sinyalinin aynısı olacaktır.

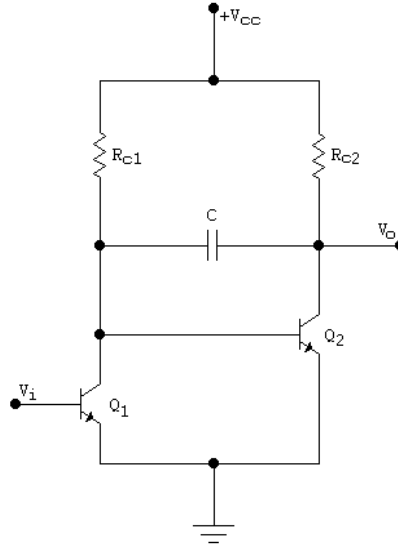
Girişin (-) alternansında, diyot yalıtımda olacağından direnç üzerinden herhangi bir sinyal alınmaz.



Şekil 3.19: Polarmalı kırıcı devresi

Şekil 3.19 'da görüldüğü gibi, devreye V gibi DC gibi kaynağın eklenmesi, kırıcı devrenin çıkışında belirgin bir etki meydana getirebilir. Böyle devrelerde, diyodun iletme geçebilmesi için anodun katoda nazaran daha pozitif olması gerekir. Yani giriş sinyali, V değerini aştığı anda diyot iletme geçer.

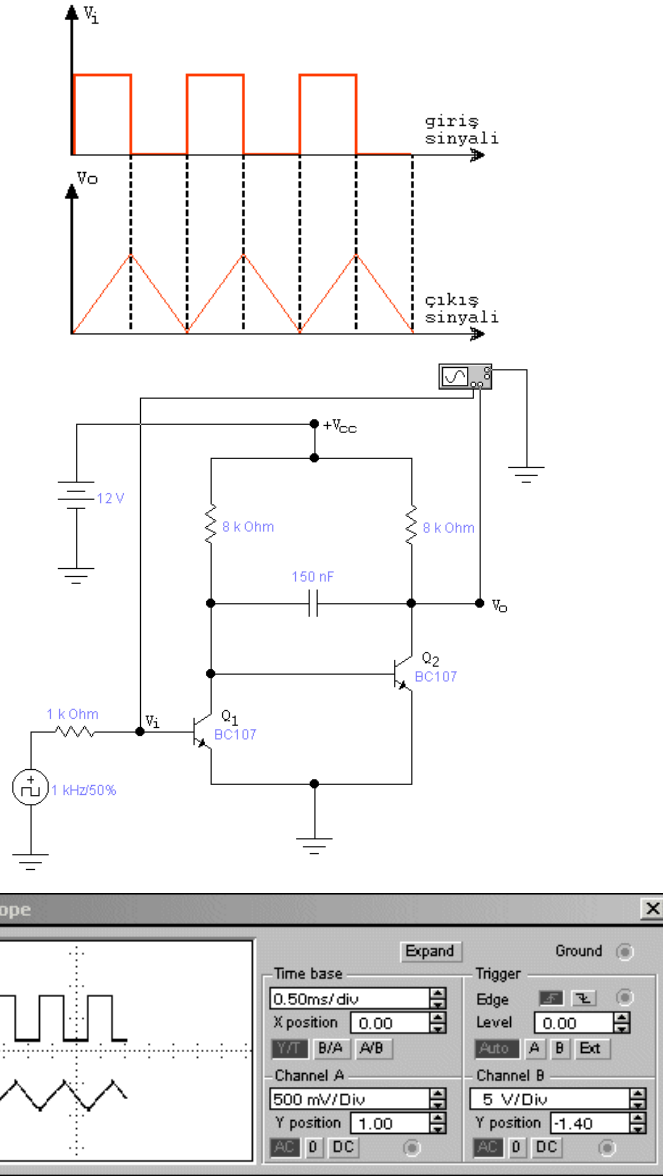
3.2.5. Miller Devreleri



Şekil 3.20: Miller devresi

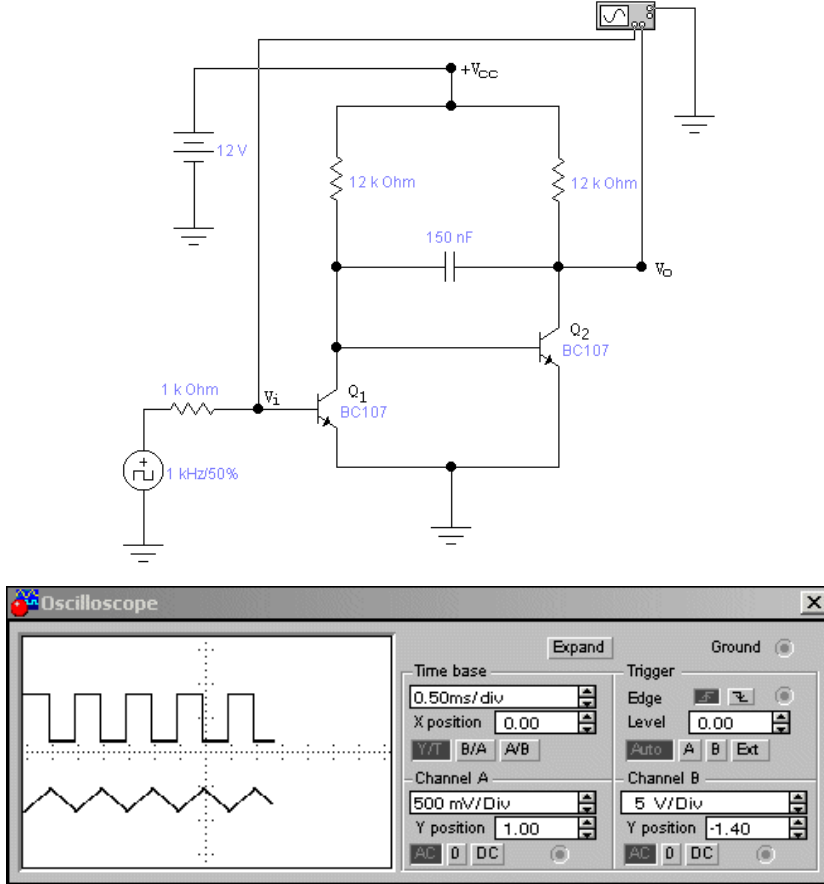
Miller devreleri, oldukça lineer (doğrusal) pozitif testere dişi dalga üretebilen devrelerdir. Başka bir ifadeyle miller devreleri, tarama sinyalinin lineerliği artırılmış testere dişi jeneratördür.

Şekil 3.20 'deki devrenin V_i girişine uygulanan sinyalin (+) alternansında devredeki Q1 transistörü iletime geçer. Çünkü Q1 transistörü NPN tipi bir transistor olup, beyzine uygulanan pozitif sinyalde iletime geçecektir. Q1 'in beyzindeki sinyal (+) alternansta iken kolektörün 180° faz farklı olan (-) alternans alınır. Kolektörden alınan negatif alternans Q2 transistörünü yalıtıma sokar. Böylece C kondansatörü, RC2 kolektör yük direnci üzerinden $+V_{cc}$ tatbik voltajına şarj olur. V_i girişine uygulanan sinyalin (-) alternansında, Q1 transistörü yalıtıma geçer ve Q2 transistörü RC1 vasıtasıyla beyz polarması alacağından iletime geçer. C kondansatörü de RC1 direnci üzerinden deşarj olur. C kondansatörünün şarj ve deşarjı ile çıkıştan lineerliği artırılmış bir testere dişi dalga veya üçgen dalga elde edilir.



Şekil 3.21: Miller devresinin EWB programında uygulanması

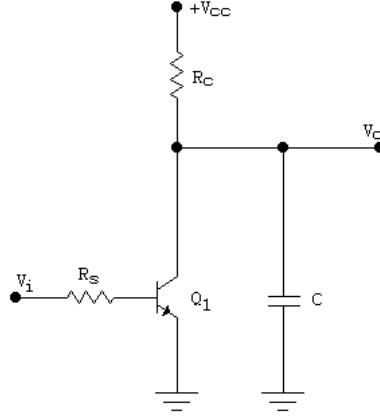
Miller devresinin EWB programında uygulamasında, devreye tatbik voltajı $V_{cc} = 12$ Volt, kolektör yük dirençleri $RC1 = RC2 = 8$ K, $C = 150$ nF ve iki adet BC107 tipi transistor seçilmiştir. Devrenin girişine 1 KHz 'lik bir kare dalga uygulandığında, devrenin çıkışından bir üçgen dalga alınmıştır. Osilaskobun A kanalına devrenin girişi, B kanalına ise devrenin çıkışı irtibatlandırılmıştır. Üstteki dalga şekli devrenin girişine uygulanan kare dalgayı, alttaki dalga şekli ile devrenin çıkışından alınan, lineerliği artırılmış bir üçgen dalgayı gösterir.



Şekil 3.22: Miller devresinin EWB programında uygulanması

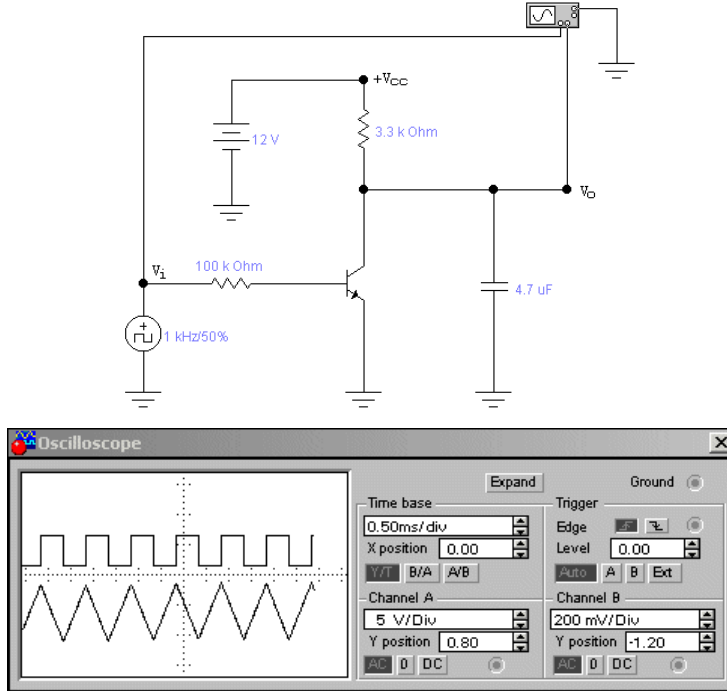
$RC1 = RC2 = 12$ K olarak değiştirilmesi durumunda da Şekil 3.22 'de osilaskoptaki dalga şeklinde görüldüğü gibi düzgün ve lineerliği artırılmış bir üçgen dalga elde edilmiştir.

3.2.6. Boot Strobe Devreleri



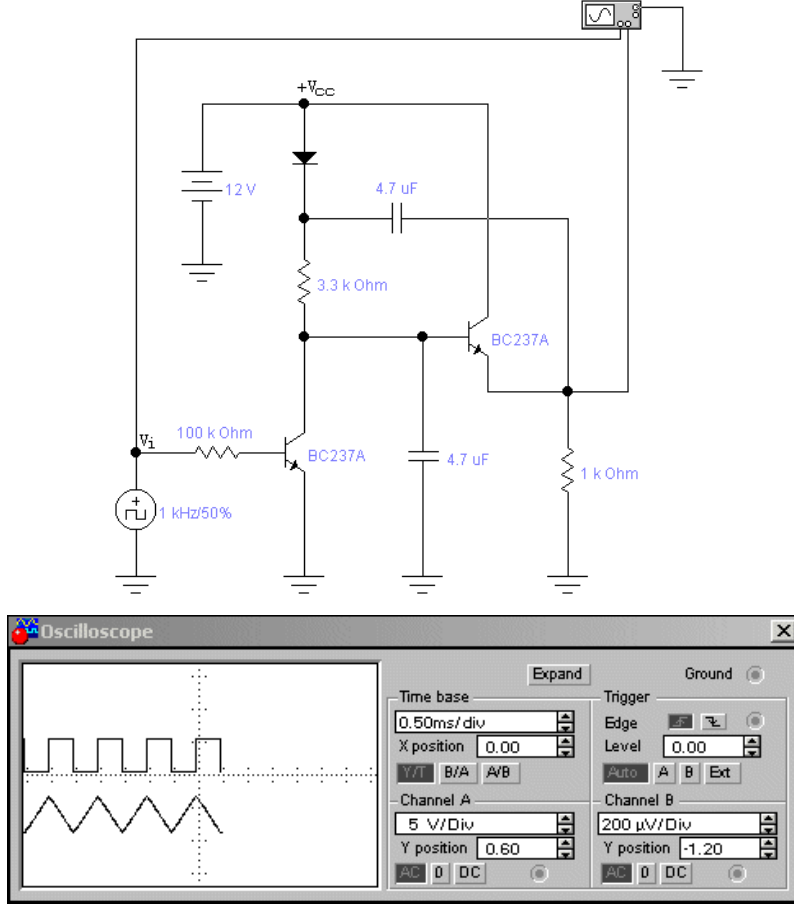
Şekil 3.23: Basit boot strobe devresi

Boot Strobe Devreleri, Miller devreleri gibi oldukça lineer pozitif testere dişi dalga üretebilen devrelerdir. Şekil 3.23'te basit bir testere dişi dalga üretebilen devre şekli gösterilmiştir. Bu devrede Q1 transistörü anahtar gibi çalışmaktadır. Girişe uygulanan V_i sinyali kare dalga olup genliği, transistörü kesim ve doyumda çalıştırabilecek seviyededir. Girişe uygulanan kare dalganın (-) alternansında transistör kesimde olup C kondansatörü, R_c direnci üzerinden şarj olur. Girişe uygulanan kare dalganın (+) alternansında transistör doyuma gider ve C kondansatörü, Q1 transistörü üzerinden deşarj olur. Kondansatörün şarj ve deşarjı ile çıkıştan düzgün bir testere dişi dalga elde edilir.



Şekil 3.24: Basit boot strobe devresinin EWB programında uygulanması

Şekil 3.24'te görüldüğü devrenin girişine 1KHz 'lik kare dalga uygulandığında çıkışta düzgün bir üçgen dalga elde edilmiştir. Osilaskopta üstteki dalga şekli, girişe uygulanan dalga şeklini, alttaki üçgen dalga ise çıkıştan alınan sinyali gösterir.

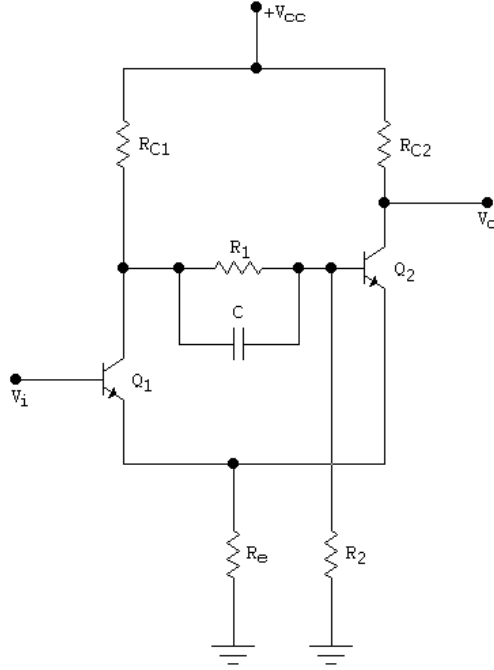


Şekil 3.25: İki transistörle yapılan testere dişi jeneratör devresi

Şekil 3.25'te iki transistörle yapılan boot strobe devresinden, sabit devrede olduğu gibi çıkıştan düzgün, lineerliği artırılmış bir üçgen dalga elde edilmiştir.

3.2.7. Schmitt Trigger Devreleri

Schmitt trigger (tetikleyici) devresi, kare dalga üreten bir devredir. Dijital elektronikte, kare dalganın önemi büyüktür. Sequential (ardışıl) devrelerde kullanılan flip/flop'ların konum değiştirilmesi için sayıcı, kaydedici gibi çok fazla kullanılan devrelere kare dalga uygulanır. Girişine uygulanan kare dalganın yükselen veya alçalan kenarlarında flip/flop konum değiştirecektir.

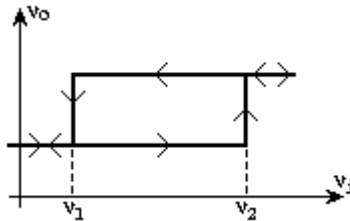


Şekil 3.26: Schmitt trigger devresi

Şekil 3.26 'daki devrede Schmitt tetikleyicisinin devresi gösterilmiştir. V_i girişinin negatif alternansında Q1 transistörü kesimde, R_{C1} ve R_1 dirençleriyle beyz polarması alan Q2 transistörü ise doyumdadır. Bu durumda $V_o < V_{cc}$ olur. Girişe uygulanan sinyal arttırılarak devre elemanlarının belirleyeceği belli bir V_1 gibi değere ulaştığında ise Q1transistörü doyuma, Q2 transistörü kesime geçer. Dolayısıyla $V_o = V_{cc}$ olur.

Bundan sonra giriş sinyalinin arttırılması halinde çıkışta herhangi bir değişiklik görülmez. Bu kez giriş gerilimini sıfıra doğru azaltmaya başlayalım.

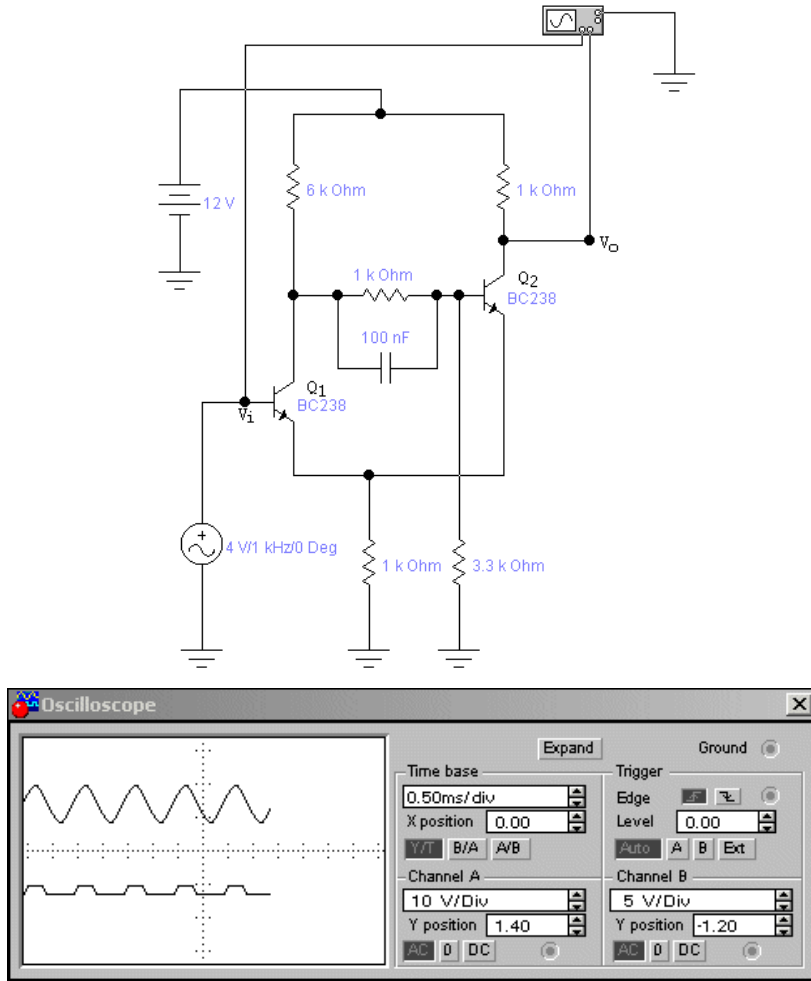
Belirli bir V_2 gibi bir gerilim değerinde Q1 transistörü kesime, Q2 transistörü doyuma gider. Bu anda $V_o > V_{cc}$ olur.



Şekil 3.27: Schmitt tetikleyicinin karakteristiği

Bu ana kadar anlatılanlar şekil 3.27 'de gösterilmiştir. Bu karakteristikte V_1 ve V_2 değerlerinin aynı olmama durumuna "histeresis" adı verilir. Devredeki eleman değerlerinin ayarlanması suretiyle $V_1 = V_2$ yapılabilir.

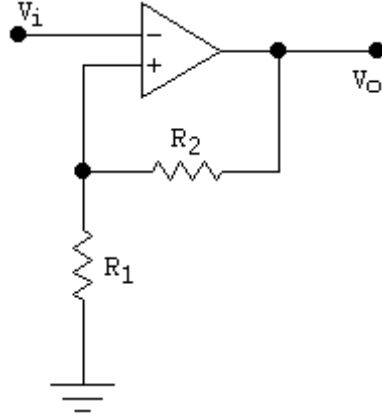
Schmitt tetikleyici devrelerde histeresis önemlidir. Şöyle ki, bir uygulamada DC sinyalin seviyesi belirli bir değeri aştığında operatöre bir uyarı verilmesi istensin. Bu durumda, eğer $V_1 = V_2$ olursa, işaret üzerine binecek görüntü, parazit vb. sebebiyle devre titreşim şeklinde peşpeşe uyarı verecektir. Eşik değerlerinin farklı olması, uyarı noktası ile uyarıyı kaldırma noktası arasında belirli bir fark meydana geleceğinden böyle ufak değişimlerden etkilenmeyecektir.



Şekil 3.28. (a): Schmitt trigger devresinin EWB programında uygulanması

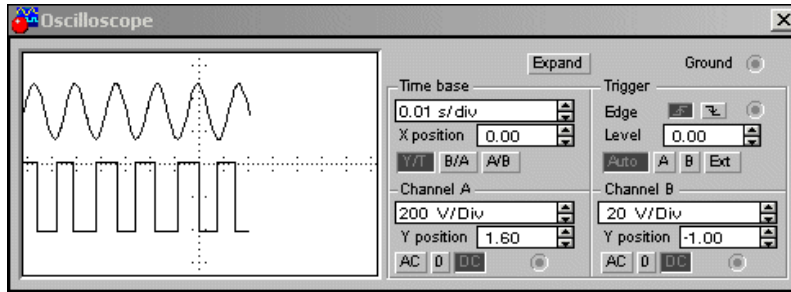
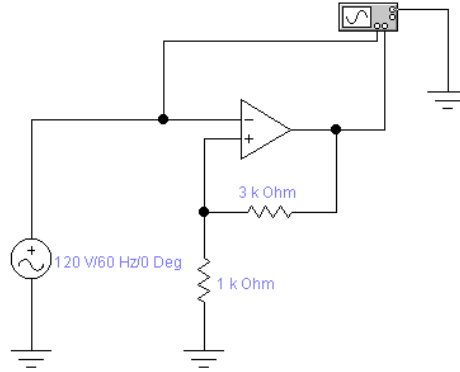
Şekil 3.28 (a) 'daki uygulamada devrenin girişine sinüsoidal sinyal uygulanıp çıkışında kare dalga elde edilmiştir.

3.2.7.1. OP-AMP 'lı Schmitt Trigger Devreleri



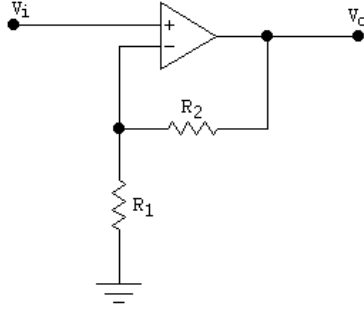
Şekil 3.29: Inverting schmitt trigger devresi

OP-AMP ile yapılan schmitt trigger devresi, faz çeviren ve faz çevirmeyen olmak üzere iki çeşittir. Şekil 3.29 'da görüldüğü gibi, faz çeviren özellikli schmitt trigger devresine giriş sinyali, OP-AMP 'ın faz çeviren (-) girişine uygulanır.



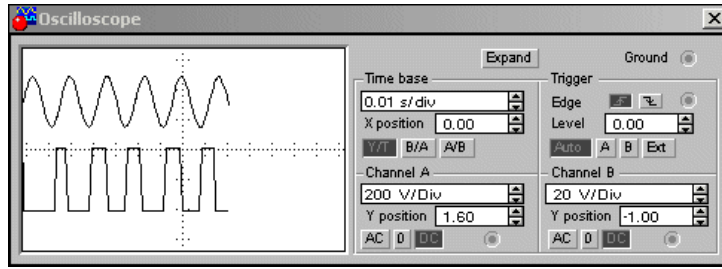
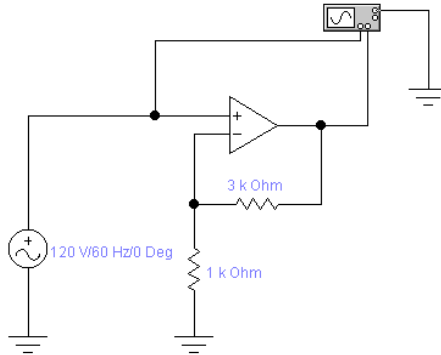
Şekil 3.30: Faz çeviren schmitt trigger devresinin EWB programında uygulanması

Şekil 3.30 'da görüldüğü gibi OP-AMP 'ın faz çeviren (-) girişine etkin değeri 12 Volt, 60 Hz' lik bir sinüsoidal sinyal uygulanmış olup OP-AMP çıkışından düzgün bir kare dalga elde edilmiştir.



Şekil 3.31: Noninverting schmitt trigger devresi

OP-AMP'lı schmitt trigger devresinin ikinci çeşidi Şekil 3.31'de görüldüğü gibi faz çevirmeyen yapıdaki schmitt trigger devresidir. Burada giriş sinyali, OP-AMP 'ın faz çevirmeyen (+) girişine uygulanır.



Şekil 3.32: Faz çevirmeyen schmitt trigger devresinin EWB programı uygulaması

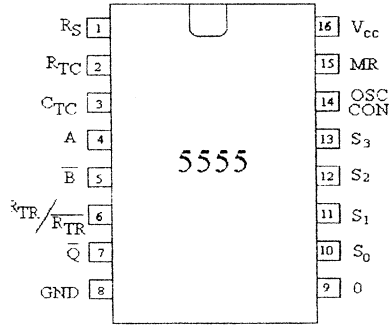
Şekil 3.32 'de görüldüğü gibi OP-AMP 'ın faz çevirmeyen (+) girişine yine 12 Volt (etkin) ve 60 Hz' lik bir sinüsoidal sinyal uygulanmış olup OP-AMP çıkışından kare dalga elde edilmiştir.

3.3. Zamanlama ve Zamanlayıcı Uygulamaları

Bu bölümde zamanlayıcı olarak piyasada bulunabilen dijital entegrelere birkaç örnek verilecektir.

3.3.1. 5555 Zamanlayıcı Entegresi

5555 " Osilatörlü zaman geciktirici " dir. Adından da anlaşılacağı gibi bu entegenin dâhili bir osilatörü vardır. Bu osilatör yardımıyla üretilen frekans sayıcılar yardımıyla bölünür ve kontrollü bir monostable multivibratöre uygulanır. 5555'in en büyük farkı programlanabilmesidir. Şekil 3.33'te entegre ayak bağlantıları verilmiştir.



Şekil 3.33: 5555 zamanlayıcı entegresi

Burada RTC, CTC ve R8 dâhili osilatör için direnç ve kondansatör bağlantı noktalarıdır. A ve B ise harici tetikleme girişleridir. Monostable devresini tetikler.

Dâhili osilatörde üretilen frekans S₃, S₂, S₁ ve S₀ girişlerinden girilen bilgiye göre bölünür. İstenen gecikme bu sayede sağlanmış olur. Q çıkışından ise istenen sinyal şekli alınabilir. Yine 4536 entegresi 4 tane programlama ucuna sahip programlanabilir bir zamanlayıcıdır. Dolayısıyla 16 bölme modu vardır. 4541 ise iki programlama girişine sahip programlanabilir osilatör zamanlayıcıdır. Bu entegre ile de maksimum 65536 sayısına bölme elde etmek mümkündür. Bu entegre tek çevrim işlemi yapabilmektedir. Yani bir kez sayma işlemi tamamlandığında otomatik olarak durur.

3.3.1.1. 555 Zamanlayıcı Entegresi

Zamanlayıcı entegre devreler arasında en çok kullanılan entegre tipi 555 entegresidir. Bu entegre düşük maliyet, yüksek frekanslardaki kararlılığı sebebiyle amatör ya da profesyonelce elektronikle ilgilenenlerin en fazla tercih ettiği entegredir. Endüstriyel alanda kullanım yerleri fazladır. Bunun sebebi entegreye bağlanan R ve C elemanlarının değişik değerlerde seçilerek zamanlama süresinin kolayca ayarlanmasıdır.

3.3.1.2. 555 Zamanlayıcı Entegresi Özellikleri

- + 4.5 V ile + 16 V arasındaki besleme gerilimleriyle çalışabilir.
- Çıkışından 200 mA kadar akım çekilebilir.
- Zamanlama için kullanıldığında bir RC devresi yardımıyla süresi μ s ile dakikalar arasında değişen darbeler elde edilebilir.
- Zamanlama periyodu besleme gerilimine bağlı değildir.

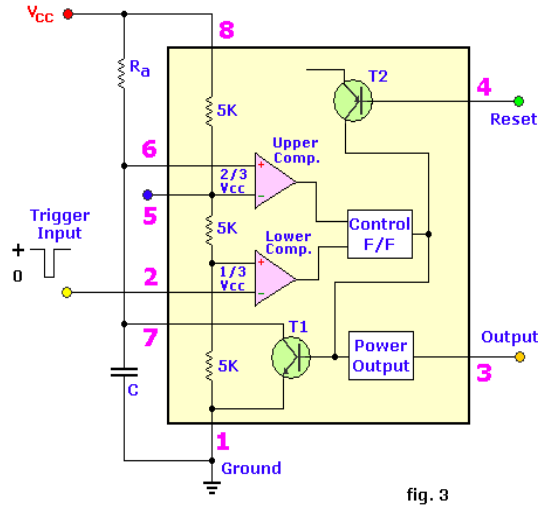


fig. 3

Şekil 3.34: 555 zamanlayıcı entegresi

3.3.1.3. Çalışması

Devrede 2 ile 6 nu'lu uçlar kısa devre edilip buraya ayarlı bir gerilim kaynağı bağlandığında ve gerilim 0 dan itibaren artırılmaya başlandığında şu olaylar olur:

Bu gerilim $1/3 V_{cc}$ ' ye ulaşmadan alt komparatör (Lower) çıkışı + V_{cc} (lojik 1)'dir. Aynı anda üst komparatör (Upper) çıkışında da - V_{cc} (Lojik 0) vardır. Bu durumda flip flop çıkışı lojik 0'dır ve entegrenin 3 nu'lu bacağından elde edilen çıkış lojik 1 olur. Ayarlı gerilim $1/3 V_{cc}$ 'yi geçecek şekilde ayarlanırsa düşük komparatör çıkışı - V_{cc} 'ye gider ve flip flop çıkışı eski konumunu muhafaza eder.

Ayarlı gerilim $2/3 V_{cc}$ 'yi aşar aşmaz yüksek komparatör çıkışı değişir ve + V_{cc} 'ye gider. Bu durumda flip flop çıkışı lojik 1 olur. Çıkış ise lojik 0'a gider. Bu durumda deşarj transistörü T1 doyuma gider. Ayarlı gerilim kaynağı olarak genellikle kondansatör kullanılır ve diğer ucu deşarj transistörünün kollektörüne yani 7 nu'lu uca bağlanır. Transistör doyuma ulaştığında C kondansatörü bir zaman sabitine bağlı olarak T1 üzerinden deşarj olur.

Bu boşalma esnasında gerilim $2/3 V_{cc}$ 'nin altına düştüğünde yüksek komparatör çıkışı lojik 0 olur. $1/3 V_{cc}$ 'nin altına düştüğünde ise düşük komparatör çıkışı lojik 1 olur, C kondansatörünün boşalması sona erer. Bu durum sürekli devam eder.

3.3.1.4. Bacak Fonksiyonları

1 nu'lu bacak (toprak) : Toprak veya ortak uçtur.

2 nu'lu bacak (tetikleme): Bu uç, alt komparatörün girişidir. Devre çıkışını 1'e kurmak için kullanılır.

3 nu'lu bacak (çıkış): Çıkış ucudur. 555' in çıkış katındaki (Şekil 3.34) Q20, Q24 transistörleri totem pole, Q21, Q22 transistörleri ise darlington bağlıdır ve yüksek çıkış seviyesinde besleme geriliminin yaklaşık 1,7 V altında çıkış sağlar.

4 nu'lu bacak (reset): Bu uç, çıkışı lojik 0' a götürmek için kullanılır. Bu uca negatif pals verilirse deşarj transistörü doyuma gider ve çıkış lojik 0 olur.

5 nu'lu bacak (kontrol voltajı): Bu uç, $2/3V_{cc}$ değerini sağlayan voltaj bölme noktasına direk erişim sağlar. 555' in voltaj kontrollü çalışmasında kullanılır. Normal çalışmada gürültünün önlenmesi için yaklaşık $0.01\mu F$ 'lık bir kondansatör yardımıyla şaseye verilir.

6 nu'lu bacak (eşik): Üst komparatörün girişidir. Bu uçtaki gerilim $2/3V_{cc}$ ' yi geçince çıkışın lojik 0'a gitmesine sebep olur.

7 nu'lu bacak (deşarj): Bu uç, Q14 NPN transistörünün kolektörüdür. Çıkış, düşük seviyede iken düşük direnç; yüksek seviyede iken yüksek direnç göstererek kondansatörün şarjını ve deşarjını kontrol eder.

8 nu'lu bacak (besleme): Besle geriliminin uygulandığı uçtur. 4,5V ile 16V arasındaki bir besleme gerilimi uygulanabilir.

3.4. Osilatörlerde Frekansın Sabit Tutulması

Vericilerde frekansın kararlı tutulması, serbest, osilasyonlu bir osilatörün en önemli özelliğidir. Bu özellik, uzun zaman ve çeşitli çevre ısılarında yüksek bir frekans kararlılığı için bir devre gereksinimidir. Transistörlü bir osilatörün frekans kararlılığı; transistor parametrelerinin değişmesine, devre elemanlarına ve bilhassa rezonans devresi kapasitesi ile endüktansına bağlıdır. Rezonans devresinin yüklenmesi ise rezonans frekansını etkiler.

Transistorun sebep olduğu frekans değişiklikleri besleme gerilimi ve sıcaklığa bağlıdır. Gerilim bağılılığı Cbc kolektör-beyz kapasitesi değişmesine ve gerilim değişikliklerinin ortaya çıkardığı kolektör alımı ve kolektör gerilimi değişikliklerinden ötürü eğim değişir. Frekansın sabit kalmasını sağlamak için en basit yol, besleme geriliminin sabit tutulmasıdır. Uygun devreler zener diyotlu veya diğer kararlı devrelerle yapılabilir.

Transistor kapasitelerinin rezonans devresi frekansı üzerindeki etkisini küçük tutmak için, mümkünse transistor sınır frekansı FT' nin istenen osilatör frekansında 5-10 defa daha yüksek seçilmelidir. Isı bağıllığı kısmen çalışma noktasının kararlı tutulmasıyla (büyük emiter direnci, sabit beyz polarması) azaltılır. Diğer bir imkân da, rezonans frekansı ısı değişikliğindeki kararlılığı verecek benzer bir ısı katsayılı rezonans devresi kapasitesi seçmektir.

Transistorun güç kaybı mümkün olduğunca küçük seçilmelidir. Bu sırada yalıtkan yüzey ısı değişiklikleri transistorun iç kapasitesine etki eder. Bunun için transistor tipine göre kolektör akımı 3 - 5 miliamper olan transistor seçilir. Silisyum transistörlerin üstünlüğünü hatırlatmakta yarar vardır.

Osilatör rezonans devresi üzerindeki yüklenme etkisini olduğunca alçak tutmak için gevşek kuplaj yapılır ve mümkün olduğunca geri besleme etkisi bulunmayan ayırıcı (yalıtıcı) hat kullanılır.

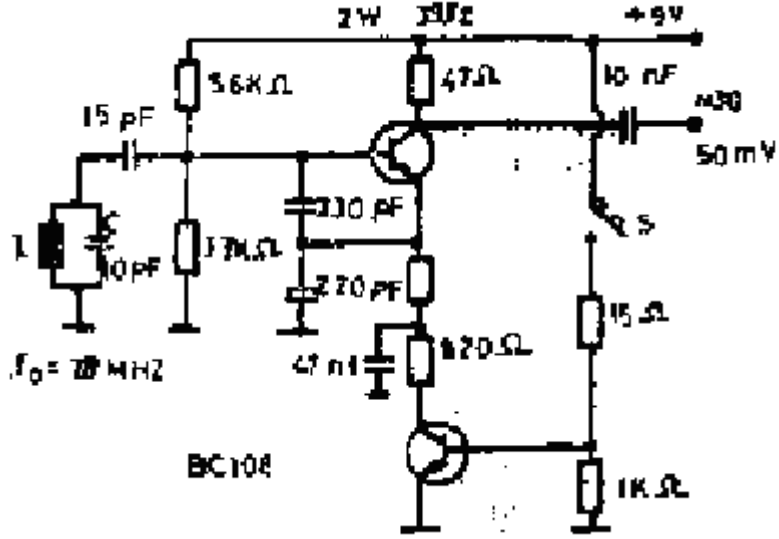
Bit osilatörün frekans kararlılığı hiçbir zaman rezonans devresinden daha iyi olamaz. Bu temele dayanarak, rezonans devresi L ve C deki istenen kararlılık ayarlanır. Rezonans devresi iyilik kat sayısı ne kadar yüksek olursa, frekans kararlılığında o kadar iyi olur. Bu düşünceden hareket ederek endüktans ve kapasitandaki kayıplar mümkün olduğunca küçük tutulur. Normal durumda bobindeki kayıp daima oldukça büyüktür ve rezonans devresi iyilik kat sayısı belirlidir. Sorun, bir yandan istenen frekans bölgesi için büyük iyilik kat sayısı olan diğer yandan da endüktansı uzun süre sabit kalan bir bobin şekli bulmaktır. UKW - Osilatörü için; hava çekirdekli, gümüş kaplı kalın bakır tel veya sargıları seramik gövdeye sarılmış bobinler en uygundur. Gümüş kaplı sargılar deri etkisini azaltır. Ferrit bobinlerin iyilik kat sayıları yüksektir. Fakat L - değerleri uzun zaman sabit kalmaz. Bunların L - değerleri aşın kontrole bağlıdır.

Isı değişiklikleri, hava çekirdekli bobinlerde, benzer endüktans değişiklik seramik gövdeye sarılmış bobinler en uygundur. Gümüş kaplı sargılar deri etki belini ısı katsayılı rezonans devresi kondansatörü seçilerek ortadan kaldırır. Eğer bobin yapay olarak eskitilirse, endüktansın sabit kalması sağlanır. Bunu sağlamak için bobin birkaç kez 150° C'a kadar ısıtılır. Bu sayede bobin sargılarında ortaya çıkan bükme (bükülme) gerilimi ortadan kaldırılır. Seramik kondansatörler rezonans devresi kapasitesi olarak kullanılır. Bu kondansatörlerin üstünlüğü, oldukça küçük dereceli ısı katsayıları olmasıdır. En yüksek istek için mika kondansatörler tavsiye olunur. Osilatör frekansını değiştirilmesi gerekir. Buna göre hava aralıklı değişken bir kondansatör temel kapasiteye paralel bağlı bir kısım kondansatörden daha iyi kalitededir.

Serbest osiasyonlu osilatörlerle aşağı yukarı osilasyon frekansında bir frekans kararlılığına erişilir. Bir osilatörün kararlılığına yalnız devre bağlantısı değil, özellikle mekanik yapısı da etki eder. Frekans belirleyen elemanları dış etkilerden korumak için serbest osilasyonlu osilatörü her yandan koruyan ekranlı bir metal muhafaza içine monte edilmesi gerekir.

Şekil 3.35' te anlatılan boyutlarıyla bir emiter izleyicili osilatör devresi görülmektedir. Yüksek frekanslı gerilim kollektörden alınır. Bu gerilimin değeri 47 ohm'da 30 - 50 milivolttur.

Yüksek bir frekans kararlılığı elde etmek için, frekansı belirleyen eleman olarak osilatörde iyilik kat sayısı yüksek olan bir kuartz kristal kullanmak gereklidir.



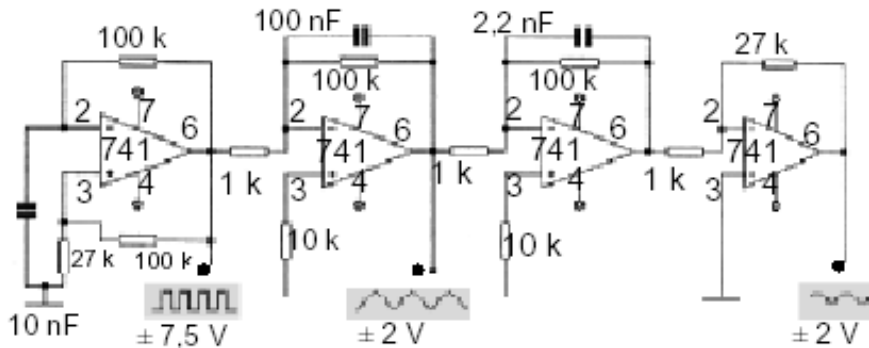
Şekil 3.35: Frekans sabitleme devresi

3.5. Pals Devre Uygulamaları

3.5.1. Op-Amplı Sinyal Jeneratörü Devresi (Kare, üçgen ve Sinüsoidal)

Şekil 3.36' da verilen devrenin çıkışından kare, üçgen ve sinüsoidal sinyaller alınabilmektedir.

- İlk 741 kare dalga üreten multivibratördür.
- İkinci 741 kazancı 10 olan integral alıcıdır.
- Üçüncü 741 kazancı 1 olan integral alıcıdır. Girişindeki üçgen dalgayı sinüsoidal dalgaya yaklaştırır.
- Dördüncü 741 ise faz çeviren yükselteç olup, sinüsoidal biçimli sinyal üretir.

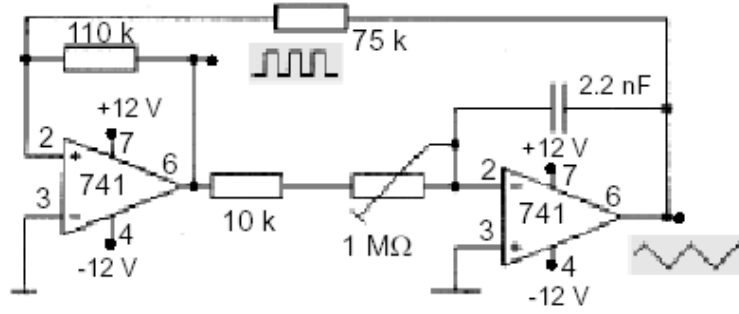


Not: Devredeki op-amplar ± 9 V ile beslenmektedir.

Şekil 3.36: Op-amplı kare, üçgen, sinüsoidal sinyaller üreten sinyal jeneratörü devresi

3.5.2. Op-ampli Sinyal Jeneratörü Devresi (Kare ve Üçgen)

Şekil 3.37' de verilen devrede birinci 741 schmitt tetikleyici, ikinci 741 ise integral alıcı olarak çalışmaktadır. Devrede bulunan $1\text{ M}\Omega$ 'luk trimpot ile çıkış sinyallerinin frekansı ayarlanabilir.

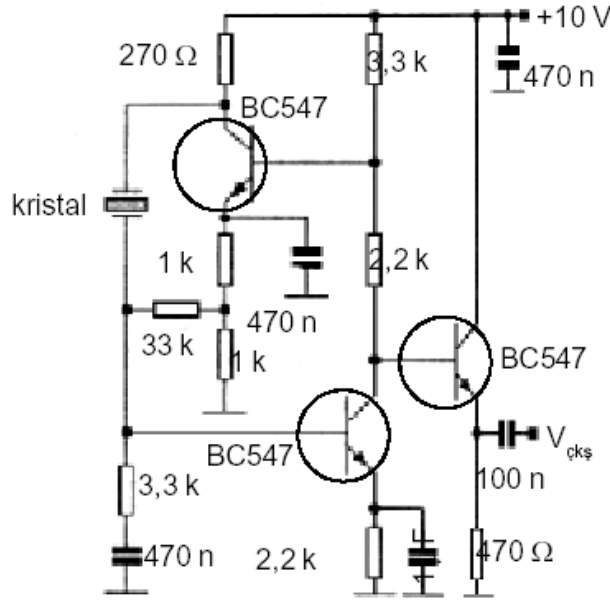


Not: Devredeki op-ampları $\pm 12\text{ V}$ ile beslenmektedir.

Şekil 3.37: Op-ampli kare, üçgen sinyaller üreten sinyal jeneratörü devresi

3.5.3. Kristalli Osilatör Devresi

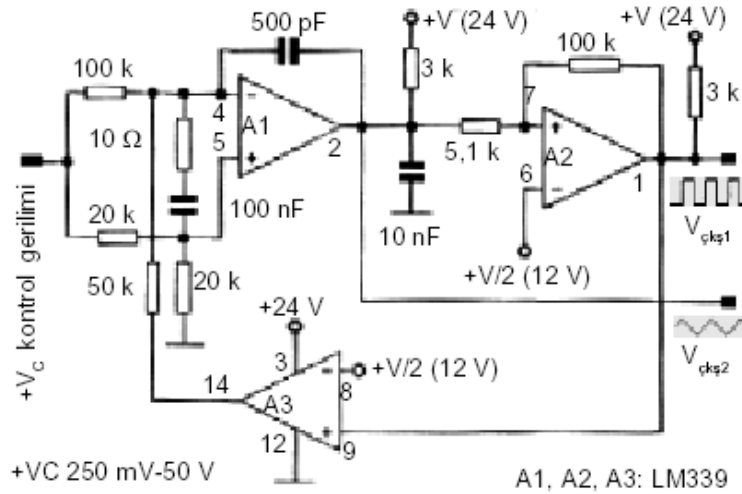
Şekil 3.38' de verilen devre kullanılan kristalin frekans değerine göre kararlı bir sinüsoidal sinyal üretir. Kristalin frekans değeri 20 ile 500 kHz arasında olabilir.



Şekil 3.38: Kristalli osilatör devresi

3.5.4. Gerilim Kontrollü (VCO) Osilatör Devresi

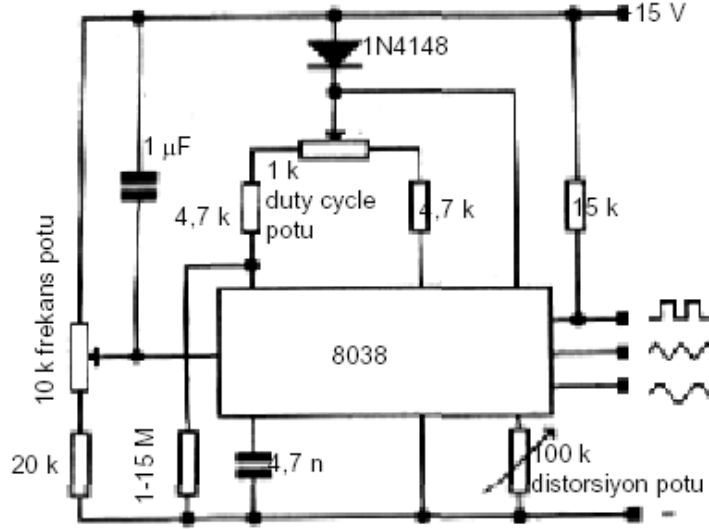
Şekil 3.39’ da verilen devre girişlerine uygulanan 250 mV-50 volt arası DC gerilim değerlerine bağlı olarak çıkışlarında çeşitli dalga formlarında sinyaller üretebilir. Çıkışlarda oluşan sinyallerin frekansı 700 Hz - 100 kHz arasında değişir.



Şekil 3.39: Gerilim kontrollü (VCO) osilatör devresi

3.5.5. Kare Üçgen ve Sinüsoidal Biçimli Sinyaller Üreten Osilatör Devresi

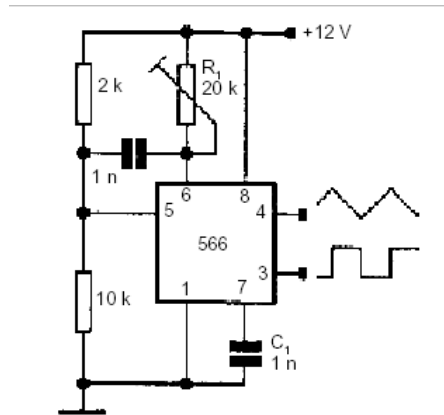
Şekil 3.40'ta verilen devrede kullanılan ICL8038 adlı entegre üç farklı biçimli sinyal üretebilir. Devrenin ürettiği sinyallerin frekansı, distorsiyon (bozulma, kırılma) oranı ayarlı dirençlerle değiştirilebilir.



Şekil 3.40: Kare, üçgen ve sinüsoidal biçimli sinyaller üreten osilatör devresi

3.5.6. Kare ve Üçgen Biçimli Sinyaller Üreten Osilatör Devresi

Şekil 3.41' de verilen devrede kullanılan 566 adlı gerilim kontrollü osilatör entegresinin ürettiği sinyallerin frekansı R1 ile C1'in değerinin değiştirilmesi ya da 5 numaralı ayağa gelen gerilimin değişmesi durumunda farklı frekansta çıkış üretir.



Şekil 3.41: Kare ve üçgen biçimli sinyaller üreten osilatör devresi

3.6. Pals Devrelerinde Arıza Giderme

Dijital elektronik esaslı devrelerin arızasını onarmak için çok dikkatli, sabırlı ve bilinçli çalışmak gerekir. Lojik devrelerin çalışma ilkelerini bilmeden yapılacak çalışma maliyeti yüksek arızalara yol açar.

3.6.1. Arızanın Tanımı

Önceki konularda açıklandığı gibi dijital devreler iki temel gruba ayrılır:

- Bileşimsel devreler
- Ardışık devreler

Bileşimsel devredeki arıza, doğruluk tablosuna göre çıkışlar kontrol edilerek bulunur. Sırasal devrelerin, geri besleme devresi kesilince bileşimsel devre oluşur. Bu yöntem kullanılarak çok karmaşık arıza yerine, daha basit yoldan arıza aranır. Devrenin arızası giderildikten sonra mutlaka test edilmesi gerekir. Devre test edilirken yalnız bir kez değil, birçok test sinyali gönderilerek devrede oluşabilecek hatanın kontrol edilmesi gerekir.

3.6.2. Arızanın Giderilmesi

Dijital devrelerde iki tür arıza oluşur:

3.6.2.1. Statik (Sabit) Arızalar

Entegrenin bozulması, bağlantı kopukluğu, lehim çatlağı sonucu oluşan arızalardır.

3.6.2.2. Dinamik (Geçici) Arızalar

Çok kısa zaman süresince görülen arızadır. Geçici olarak ortaya çıkan bu arızaları bulmak için bellekli osilaskop, özel ölçü aletleri ve iyi derecede dijital elektronik bilgisine sahip olmak gerekir.

3.6.3. Statik Arızaların Giderilmesi

- Lojik kapı entegreleri yerinden sökülür, doğruluk çizelgesine göre girişe sinyal uygulanıp çıkışlar gözlenir.
- Baskılı devre mercek ile kontrol edilir.
- Besleme geriliminin devreye uygun olup olmadığı denetlenir. Lehimlerde hata olup olmadığı incelenir.
- Çalışma anında aşırı ısınan eleman olup olmadığına bakılır. Plaket üzerindeki toz, nem vb. temizlenir.
- Özellikle CMOS serisi entegrelerin dirençleri belli bir süre sonra değişir. Bu durumda eleman istenilen standartta çalışmaz. Bu sebeple devredeki CMOS serisi entegreler periyodik olarak yenisiyle değiştirilmelidir.

3.6.4. Dinamik Arızaların Giderilmesi

- Bileşimsel devrelerde kullanılan değişik yayılım gecikmeli entegrelerin girişleri konum değiştirirken hatalı çıkışlar olabilir. Bu arızayla karşılaşmamak için devre üretilirken çalışma hızına uyumlu entegreler seçilir.
- Birbirine yakın, uzun veri hatlarının akımı (hiçbir elektriksel bağlantı olmamasına karşın) elektromanyetik olarak birbirini etkileyebilir (Buna cross-talk da denir). Kablolardan geçen akımların manyetik alan yoluyla birbirini etkilemesini önlemek için; blendajlı kablo, örgülü kablo kullanılabileceği gibi sisteme schmitt tetikleme devresi koyma yöntemi de uygulanabilir.
- Devre elemanlarının farklı yayılım gecikmeleri ara sıra görülen dinamik arızalara yol açar. Bu sebeple benzer yayılım gecikmesine sahip elemanlarla devre kurma yoluna gidilmelidir.

3.6.5. Arıza Sebebini Bulma

Dijital devrelerde arızayı bulmak bazen kolay bazen de çok güçtür. Arızayı bulabilmek için:

- Devrenin yaptığı işlem bilinmelidir.
- Test için kullanılacak aletler (lojik prob, osilaskop, avometre vb.) düzgün çalışmalıdır.
- Arızaya sebep olan etkenler bilinmelidir.

3.6.6. Arızaya Yol açan Bazı Etkenler

- Aşırı sıcaklık,
- Besleme geriliminin yanlış uygulanması,
- Büyük elektromanyetik gürültüler (yıldırım, şimşek, şebekedeki salınımlar vb.),
- Aşırı nem ya da su,
- Fiziksel darbeler,
- Toz ve diğer kimyasal maddeler.

UYGULAMA FAALİYETİ

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Pals devrelerini tanımak.	➤ Pals teknikleri ve pals elde etme devreleri anlatılır.
➤ Pals devrelerinin arızasını gidermek.	➤ Pals devreleri yardımıyla arıza giderme anlatılır.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları cevaplayarak faaliyette kazandığınız bilgi ve becerileri ölçünüz.

A. FAALİYET ÖLÇME SORULARI

Aşağıdaki soruların cevaplarını doğru ve yanlış olarak değerlendiriniz.

1. () Bir pals, gerilim veya akımın kısa zamanda ani olarak değişmesi şeklinde tarif edilir.
2. () Bir palsı hiçbir distorsiyona uğramadan geçirmek için küçük bant genişliğine ihtiyaç vardır.
3. () Kilitleyici veya kenetleyici devreleri, herhangi bir sinyalin en üst veya en alt seviyesini sabit bir gerilimde tutar.
4. () Boot strobe devreleri, miller devreler gibi oldukça lineer pozitif testere dişi dalga üretebilen devrelerdir.
5. () Zamanlayıcı entegre devreler arasında en çok kullanılan entegre tipi 555 entegresidir.
6. () Düşük bir frekans kararlılığı elde etmek için, frekansı belirleyen eleman olarak osilatörde iyilik kat sayısı yüksek olan bir kuartz kristal kullanmak gereklidir.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız ve doğru cevap sayınızı belirleyerek kendinizi değerlendiriniz. Yanlış cevapladığınız konularla ilgili öğrenme faaliyetlerini tekrarlayınız.

B. UYGULAMALI TEST

Bir arkadaşınızla birlikte yaptığınız uygulamayı değerlendirme ölçeğine göre değerlendirerek, eksik veya hatalı gördüğünüz davranışları tamamlama yoluna gidiniz.

DEĞERLENDİRME ÖLÇEĞİ

DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ	Evet	Hayır
Pals üretme yöntemlerini öğrendiniz mi?		
Dalga şeklendirici devrelerle sinüs dalgasını şekillendirebildiniz mi ?		
Zamanlama devrelerini anladınız mı?		
Pals devrelerinde arıza giderme işlemi anladınız mı?		
DÜZENLİ VE KURALLARA UYGUN ÇALIŞMA		
Mesleğe uygun kıyafet (önlük) giydiniz mi?		
Çalışma alanını ve aletleri tertipli-düzenli kullandınız mı?		
Zamanı iyi kullandınız mı?		

DEĞERLENDİRME

Yaptığınız değerlendirme sonunda “hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Eksikliklerinizi araştırarak ya da öğretmeninizden yardım alarak tamamlayabilirsiniz. Cevaplarınızın tamamı evet ise bir sonraki faaliyete geçiniz.

MODÜL DEĞERLENDİRME

FAALİYET ÖLÇME SORULARI (OBJEKTİF TEST)

Aşağıdaki soruların cevaplarını doğru veya yanlış olarak değerlendiriniz.

- Bobinler ve kondansatörler kaynak durumundaki AC üreticinin frekansına göre değişen bir direnç gösterir. Bu zorluğa reaktans denir.
- Kondansatör bir R direnci üzerinden şarj olurken, uçlarındaki gerilimin, U besleme geriliminin% 63,2'sine çıkması için geçen zamana bir zaman sabitesi denir.
- Alıcının AA kaynağa gösterdiği zorluk birden fazla olduğu zaman bileşke zorluk (eş değer zorluk, empedans) kavramı karşımıza çıkar.
- Saf indüktif devrede V gerilimi akımdan 90° ileridedir.
- $XL = XC$ anında ise devre omik özellik gösterir.
- Buradan Q kat sayısı büyük olan devrelerin seçiciliğinin daha iyi olduğu anlaşılır.
- Paralel R - L - C devresinin empedansı rezonans anında $Z = R$ olup en, büyük değerdedir.
- (...) Rezonans anında kondansatör ve bobin üzerindeki gerilim kaynak geriliminden fazladır.
- Uygulamada empedans uygunlaştırma için transformatör kuplajı kullanılır.
- Filtreler kullanılarak bir devrenin çıkışından alınan sinyallerin yüksek, düşük ya da belli aralıktaki değerleri bastırılabilir.
- Regüle devreleri kararlı ve düzgün bir DC gerilim oluşturur.
- Çıkışı tam doğru akım hâline getirebilmek için kondansatör ya da bobinler kullanılarak filtre devreleri yapılmıştır.
- Eğer art arda bağlı birkaç yükselteç kullanılıyorsa, yani kaskat bir bağlantı varsa bu yükselteçlerin toplam kazancı, her bir yükseltecin kazancının çarpımına eşittir.
- Küçük genlikli (zayıf) elektrik sinyallerini güçlendirmek için kullanılan devrelere yükselteç denir.
- Polarma (ön gerilimleme, kutuplama), yarı iletkenlerden yapılmış devre elemanlarının istenilen noktada çalışması için gereken DC gerilim anlamına gelmektedir.
- DC beyz polarma gerilimi sabit değilse, çıkış sinyalinin genliği sürekli olarak azalır ya da çoğalır. Bu ise çıkış sinyalinin distorsiyonlu olmasına sebep olur.
- Osilatör ayarlandığı frekansta ya da sabit bir frekansta sürekli çıkış veren devrelere denir.
- Frekans sentezleyici; az sayıda sabit frekans kaynaklarını toplamak, çıkarmak, çarpmak ve bölmek yoluyla çıkış frekansı üretmek üzere kullanılır.
- Alçak frekanslı bilgi sinyallerinin, yüksek frekanslı taşıyıcı sinyaller üzerine bindirilip uzak mesafelere gönderilmesi işlemine modülasyon denir.
- Faz Dedektörü: Giriş sinyali ile VCO sinyalinin fazını karşılaştırır.
- TTL ailesinin besleme gerilimi + 5 V'tur.
- Multivibratörler bilgi saklamada, sayıcılarda, kare (ya da dikdörtgen) dalga üreteçlerinde vb. yaygın olarak kullanılır.

23. () Bir pals, gerilim veya akımın kısa zamanda ani olarak değişmesi şeklinde tarif edilir.
24. () Bir palsı hiçbir distorsiyona uğramadan geçirmek için sonsuz bant genişliğine ihtiyaç vardır.
25. () Kilitleyici veya kenetleyici devreleri, herhangi bir sinyalin en üst veya en alt seviyesini sabit bir gerilimde tutar.
26. () Boot strobe devreleri, miller devreleri gibi oldukça lineer pozitif testere dişi dalga üretebilen devrelerdir.
27. () Zamanlayıcı entegre devreler arasında en çok kullanılan entegre tipi 555 entegresidir.
28. () Yüksek bir frekans kararlılığı elde etmek için, frekansı belirleyen eleman olarak osilatörde iyilik kat sayısı yüksek olan bir kuartz kristal kullanmak gereklidir.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız ve doğru cevap sayınızı belirleyerek kendinizi değerlendiriniz. Yanlış cevapladığınız konularla ilgili öğrenme faaliyetlerini tekrarlayınız.

MODÜL YETERLİK ÖLÇME (PERFORMANS TESTİ)

Modül ile kazandığınız yeterliği aşağıdaki ölçütlere göre değerlendiriniz.

DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ	Evet	Hayır
Reaktans ve empedans kavramlarını tanımlayabildiniz mi ?		
RLC devrelerinde akım, gerilim, faz üçgenini çizebildiniz mi ?		
Rezonansı etkileyen faktörleri anladınız mı?		
Kalite faktörü ile bant genişliği arasındaki ilişkiyi anladınız mı?		
Empedans uygunlaştırma işlemini anladınız mı ?		
Bir filtrenin karakteristik eğrisini yorumlayabildiniz mi ?		
Doğrultma devreleri arasındaki farkları anladınız mı?		
Filtre devrelerinin çeşitlerini anladınız mı?		
Osilasyon işlemini anladınız mı?		
Modülasyon ve demodülasyonun nasıl yapıldığını anladınız mı?		
Değişik kapı devrelerinin çıkış durumlarını anladınız mı?		
Aritmetik mantık kapılarının kullanımını anladınız mı?		
Pals üretme metotlarını öğrendiniz mi?		
Dalga şeklendirici devrelerle sinüs dalgasını şeklendirebildiniz mi ?		
Zamanlama devrelerini anladınız mı?		
Pals devrelerinde arıza giderme işlemini anladınız mı?		

DEĞERLENDİRME

Teorik bilgilerle ilgili soruları doğru olarak cevapladıktan sonra, yeterlik testi sonucunda tüm sorulara evet cevabı verdiyseniz bir sonraki modüle geçiniz. Eğer bazı sorulara “hayır” şeklinde cevap verdiyseniz eksiklerinizle ilgili bölümleri tekrar ederek yeterlik testini yeniden yapınız.

CEVAP ANAHTARLARI

ÖĞRENME FAALİYETİ-1 CEVAP ANAHTARI

1	Y
2	D
3	Y
4	D
5	D
6	Y
7	D
8	D
9	D
10	Y

ÖĞRENME FAALİYETİ-2 CEVAP ANAHTARI

1	D
2	Y
3	D
4	Y
5	D
6	D
7	Y
8	D
9	Y
10	D
11	D
12	D

ÖĞRENME FAALİYETİ-3 CEVAP ANAHTARI

1	D
2	Y
3	D
4	D
5	D
6	Y

MODÜL DEĞERLENDİRME OBJEKTİF TEST CEVAP ANAHTARI

1	D
2	D
3	D
4	Y
5	Y
6	D
7	Y
8	D
9	Y
10	D
11	D
12	Y
13	D
14	Y
15	D
16	D
17	Y
18	D
19	Y
20	D
21	D
22	D
23	D
24	Y
25	D
26	D
27	D
28	Y

KAYNAKÇA

- KILLEN Harold B, **Modern Elektronik, İletişim Teknikleri**, Ankara, 1994.
- ÖZDEMİR Ali, **Temel Elektronik**, İstanbul, 2003.
- İHTİYAR İsmail, **Endüstriyel Elektronik**, İstanbul, 2000.
- ÖZDEMİR Ali, **Elektroteknik**, İstanbul, 2003.
- TAMER Hüseyin, Yılmaz SAVAŞ, Zeki ERGELEN, **Elektronik-1, ANKARA**, 1991.
- ÖZDEMİR Ali, **Endüstriyel Elektronik**, İstanbul, 2003.
- TAMER, Hüseyin, Yılmaz SAVAŞ, Zeki ERGELEN, **Elektronik-2, ANKARA**, 1991.
- KÜÇÜK Serdar, **Elektronik**, İstanbul, 2005.
- CANDAN Naci, **Elektronik 2**, İstanbul, 2005.
- ÖZDEMİR Ali, **Dijital Elektronik**, İstanbul, 2002.
- BAYRAM Harun, **Dijital Elektronik**, Bursa, 1995.