

Devre Analizi

Giriş

- Bu çalışmada devrelerin **teorik temellerini**, **temel bileşenlerini** ve **tasarım süreçlerini** detaylı bir şekilde ele alıyorum. Çalışma **Devre Temelleri**, **Devre Elemanları** ve **Devre Tasarımı** olmak üzere üç ana başlıktan oluşmaktadır.
- Devre Temelleri** bölümü ile elektronik devrelerin analizinde kullanılan temel fiziksel kavramları, kanunları ve yöntemleri ele alıyorum. Devre elemanlarının nasıl çalıştığını anlamaya yardımcı olacak teorik bilgileri içermektedir.
 - Temel Kavramlar:** Akım, gerilim, direnç, güç, enerji, empedans gibi temel büyüklükler
 - Temel Kanunlar:** Ohm Kanunu, Kirchoff'un Gerilim ve Akım Kanunları, Güç Kanunu
 - Analiz Yöntemleri:** Düzgün Gerilimleri Yöntemi, Kiriş Akımları Yöntemi, Süperpozisyon Yöntemi
 - Devre Teoremleri:** Thevenin ve Norton Teoremleri, Maksimum Güç Transferi Teoremi
- Devre Elemanları** bölümünde, bir PCB üzerinde bulunabilecek temel elektronik bileşenleri inceliyorum. Her bir elemanın çalışma prensipleri devre üzerindeki işlevleri ve kullanım alanlarına dair detaylı bilgiler sunuyorum.

Ele aldığım elemanlar şunlardır,

 - Resistor**
 - Capacitor**
 - Inductor**
 - Ferrite Bead**
 - Diode**
 - Transistor**
 - Mosfet**
 - Opamp**
 - Triac**
 - Transformer**
 - Varistor**
 - Relay**
 - Optocoupler**
 - Voltage Regulator**
- Devre Tasarımı** bölümünü **Power**, **Microcontroller** ve **Module** olmak üzere üç alt başlık altında ele alıyorum.
 - Power** bölümünde, devrelerin enerji yönetimiyle ilgili temel konuları inceliyorum.
 - Filter:** Gürültü ve dalgalanmaları azaltmak için kullanılan devreler
 - Protection:** Aşırı gerilim, aşırı akım gibi durumlara karşı devrelerin korunması
 - Isolation:** Farklı gerilim seviyeleri arasında güvenli bağlantı sağlamak için kullanılan yöntemler
 - Thermal:** Güç bileşenlerinde soğutma teknikleri ile direnç, güç kayıpları ve verimlilik hesaplamaları
 - Converter:** AC-DC, DC-DC ve diğer güç dönüşüm teknikleri
 - Microcontroller** bölümünde, mikrodenetleyici tabanlı devrelerin tasarım süreçlerine odaklanıyorum.
 - STM32, ESP32, PIC, C2000** gibi işlemcilerle devre tasarlarken dikkat edilmesi gereken hususları ve donanımsal gereksinimleri ele alıyorum.
 - Module** başlık altında, farklı uygulamalar için kullanılan modülleri gruplandırarak inceliyorum
 - Communication:** MAX485 gibi haberleşme entegreleri
 - Integrated Circuit:** ACS712 gibi ölçüm ve kontrol için kullanılan entegreler
 - Trigger:** Optokuplör kullanarak MOSFET, röle veya triyak kontrolü sağlama yöntemleri
 - Sensor:** Sistemlerin çevresel verileri algılamasını sağlar.
 - Display:** Verilerin kullanıcıya görsel olarak aktarılması
 - Wireless:** Kablolu iletişim yerine kablosuz haberleşme
 - Data Storage:** Veri kaydetmek ve saklamak
 - Motor Driver:** Motor kontrolü için kullanılan sürücü devreleri

Devre Elemanları

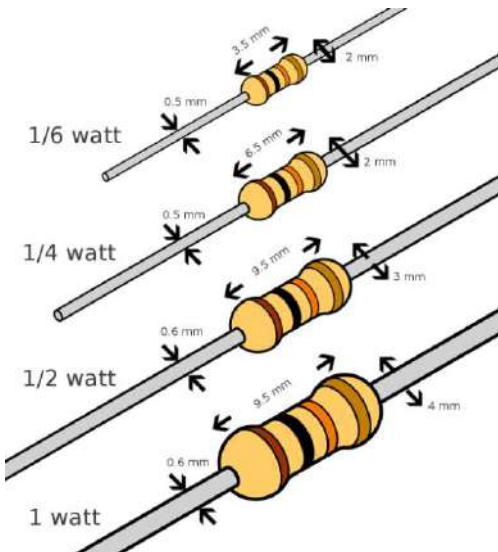
- <https://maker.robotistan.com/kategori/temel-elektronik/elektronik-devreler/> linkten devre elemanları hakkındaki bilgilere ulaşabiliriz.
- Komponentler **pasif** ve **aktif** olmak üzere ikiye ayrılırlar.
- Pasif olanlar; kapasitör, direnç ve bobinlerdir. Bunlar enerji kaynağı ya da etkin elektromotor kuvvetleri olmayan, ancak gerilim uygulandığında geçen akımın sonucu olarak, enerji harcayan ya da depolayan elemanlardır. Kondansatörler elektrik enerjisini elektrik yükü şeklinde, bobinler ise manyetik alan olarak depolarlar.
- Aktif olanlar; diyotlar, transistörler, tristörler, entegre devrelerdir. Bunlar kendileri enerji üreten ya da enerji seviyesini yükselten elemanlardır.

Eleman Türü	Güçlendirir mi?	Harici Güç Gerekli mi?	Örnekler
Aktif Elemanlar	Evet	Evet	Transistör, Diyot, Op-Amp, Entegre Devre
Pasif Elemanlar	Hayır	Hayır	Direnç, Kondansatör, Bobin, Transformatör

Resistor

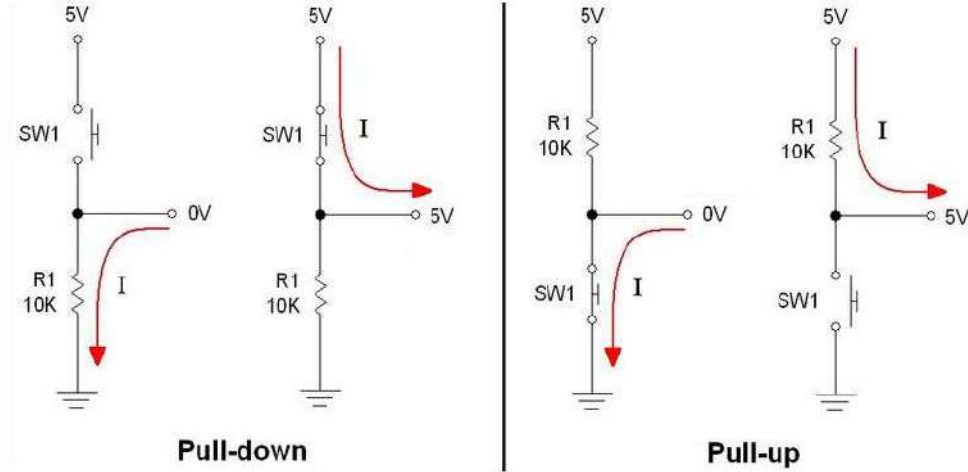
- Elektriksel akımı sınırlamak veya belli bir değerde tutmak için kullanılan pasif elektronik bileşenlerdir. Ohm (Ω) birimiyle ölçülürler.
- **Direnç**, elektrik devrelerinde direnç, bir iletken üzerinden geçen elektrik akımının karşılaştığı zorlanmadır.
- Akım sınırlaması yaparken “ısı” ve “ışık” şeklinde enerji harcarlar.

1.0	10	100	1.0 k	10 k	100 k	1.0 M
1.1	11	110	1.1 k	11 k	110 k	1.1 M
1.2	12	120	1.2 k	12 k	120 k	1.2 M
1.3	13	130	1.3 k	13 k	130 k	1.3 M
1.5	15	150	1.5 k	15 k	150 k	1.5 M
1.6	16	160	1.6 k	16 k	160 k	1.6 M
1.8	18	180	1.8 k	18 k	180 k	1.8 M
2.0	20	200	2.0 k	20 k	200 k	2.0 M
2.2	22	220	2.2 k	22 k	220 k	2.2 M
2.4	24	240	2.4 k	24 k	240 k	2.4 M
2.7	27	270	2.7 k	27 k	270 k	2.7 M
3.0	30	300	3.0 k	30 k	300 k	3.0 M
3.3	33	330	3.3 k	33 k	330 k	3.3 M
3.6	36	360	3.6 k	36 k	360 k	3.6 M
3.9	39	390	3.9 k	39 k	390 k	3.9 M
4.3	43	430	4.3 k	43 k	430 k	4.3 M
4.7	47	470	4.7 k	47 k	470 k	4.7 M
5.1	51	510	5.1 k	51 k	510 k	5.1 M
5.6	56	560	5.6 k	56 k	560 k	5.6 M
6.2	62	620	6.2 k	62 k	620 k	6.2 M
6.8	68	680	6.8 k	68 k	680 k	6.8 M
7.5	75	750	7.5 k	75 k	750 k	7.5 M
8.2	82	820	8.2 k	82 k	820 k	8.2 M
9.1	91	910	9.1 k	91 k	910 k	9.1 M



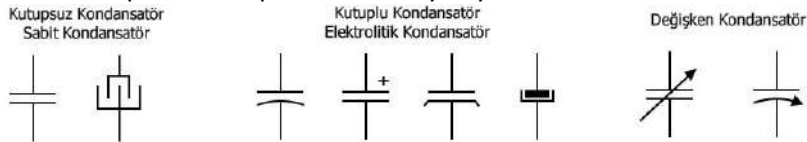
Code		Length (l)		Width (w)		Height (h)		Power
Imperial	Metric	inch	mm	inch	mm	inch	mm	W
0201	0603	0.024	0.6	0.012	0.3	0.01	0.25	1/20
0402	1005	0.04	1.0	0.02	0.5	0.014	0.35	1/16
0603	1608	0.06	1.55	0.03	0.85	0.018	0.45	1/10
0805	2012	0.08	2.0	0.05	1.2	0.018	0.45	1/8
1206	3216	0.12	3.2	0.06	1.6	0.022	0.55	1/4
1210	3225	0.12	3.2	0.10	2.5	0.022	0.55	1/2
1812	3246	0.12	3.2	0.18	4.6	0.022	0.55	1
2010	5025	0.20	5.0	0.10	2.5	0.024	0.6	3/4
2512	6332	0.25	6.3	0.12	3.2	0.024	0.6	1

- **0201** gibi küçük kılıflar, özellikle dar alanlı cihazlarda tercih edilir ancak montajları zordur. **1206** veya daha büyük kılıflar, daha yüksek akım taşıma kapasitesine sahip devrelerde tercih edilir.



Capacitor

- Elektrik yükünü depolayan ve daha sonra serbest bırakan bileşenlerdir. Elektriksel enerjiyi geçici olarak saklamak için kullanılırlar.
- Elektronik devrelerde sinyal işleme, filtreleme, güç depolama ve zaman gecikmesi gibi birçok uygulamada kullanılır. Kondansatörler, geçici elektrik enerjisi depolamak, gerilim dalgalanmalarını düzeltmek ve sinyal geçişlerini yumuşatmak gibi görevlerde önemli bir rol oynarlar.
- **Kondansatör**, elektrik enerjisini elektrik alan olarak depolayan iki uçlu bir devre elemanıdır. Kutuplu ve kutupsuz olarak ikiye ayrılır.



- Kondansatör seçerken voltajı olduğundan %20-30 seçmek daha doğrudur.

Capacitance Conversion							
picofarad	nanofarad	microfarad	Code	picofarad	nanofarad	microfarad	Code
pF	nF	μF		pF	nF	μF	
10	0.01	0.00001	100	4700	4.7	0.0047	472
15	0.015	0.000015	150	5000	5	0.005	502
22	0.022	0.000022	220	5600	5.6	0.0056	562
33	0.033	0.000033	330	6800	6.8	0.0068	682
47	0.047	0.000047	470	10000	10	0.01	103
100	0.1	0.0001	101	15000	15	0.015	153
120	0.12	0.00012	121	22000	22	0.022	223
130	0.13	0.00013	131	33000	33	0.033	333
150	0.15	0.00015	151	47000	47	0.047	473
180	0.18	0.00018	181	68000	68	0.068	683
220	0.22	0.00022	221	100000	100	0.1	104
330	0.33	0.00033	331	150000	150	0.15	154
470	0.47	0.00047	471	200000	200	0.2	204
560	0.56	0.00056	561	220000	220	0.22	224
680	0.68	0.00068	681	330000	330	0.33	334
750	0.75	0.00075	751	470000	470	0.47	474
820	0.82	0.00082	821	680000	680	0.68	684
1000	1	0.001	102	1000000	1000	1	105
1500	1.5	0.0015	152	1500000	1500	1.5	155
2000	2	0.002	202	2000000	2000	2	205
2200	2.2	0.0022	222	2200000	2200	2.2	225
3300	3.3	0.0033	332	3300000	3300	3.3	335

Inductor

- Elektrik enerjisini manyetik alana dönüştüren ve manyetik alandaki enerjiyi elektrik enerjisine geri dönüştüren bileşenlerdir. İletken bir tel sargısı etrafında manyetik alan oluştururlar.
- **Bobin**, iletken bir telin sarılarak bobin halini alması ile oluşturulan bir devre elemanıdır.

Üzerinden akım geçen her iletken tel manyetik alan oluşturur.

- Bobin seçerken devre 3A çekiyorsa bunun üzerinde değer olan 3.5A olanı seçmek gerekir.

Ferrite Bead

- Ferrite bead, bir iletkenin etrafına sarılmış veya içerisine entegre edilmiş ferrit çekirdekten oluşan pasif bileşendir.
- Genellikle küçük, silindirik veya boncuk şeklindedir ve bir kablo veya devre hattı üzerine geçirilerek veya bir PCB'ye monte edilerek kullanılır.
- Ana işlevi, yüksek frekanslı elektromanyetik girişimlerin (EMI) ve parazitlerin (RFI) azaltılmasıdır. Belirli bir frekans aralığında yüksek empedans sağlar, bu da yüksek frekanslı sinyallerin (parazitlerin) bastırılmasını ve düşük frekanslı sinyallerin geçmesine izin verilmesini sağlar. Frekansa bağlı olarak değişen empedans değerine sahiptir. Yüksek frekanslarda yüksek empedans sağlar.
- Ferrite bead malzeme seçimi yapılırken dikkate alınması gereken çeşitli parametreler ve kriterler vardır.
 - Frekans Tepkisi

Ferrite bead'in hangi frekans aralığında etkili olduğunu bilmek önemlidir. Her ferrite bead'in belirli bir frekans aralığında maksimum empedansı vardır. Bu nedenle, hedef parazit frekanslarına uygun bir bead seçilmelidir.

- Düşük frekanslı uygulamalar: 10 MHz'in altındaki frekanslar için
- Orta frekanslı uygulamalar: 10 MHz ile 100 MHz arası frekanslar için
- Yüksek frekanslı uygulamalar: 100 MHz'in üzerindeki frekanslar için

○ Empedans

Empedans, belirli bir frekansta ferrite bead'in ne kadar direnç göstereceğini belirtir. Genellikle 100 MHz veya başka belirli bir frekansta ölçülür.

- Düşük empedans: Genellikle daha az etkili filtreleme sağlar.
- Yüksek empedans: Daha etkili filtreleme sağlar, ancak sinyal bütünlüğünü etkileyebilir.

○ Akım Kapasitesi

Ferrite bead'in üzerinden geçecek maksimum akımı belirlemek önemlidir.

- Düşük akım: Hassas sinyal hatları için.
- Yüksek akım: Güç hatları ve yüksek akım taşıyan devreler için.

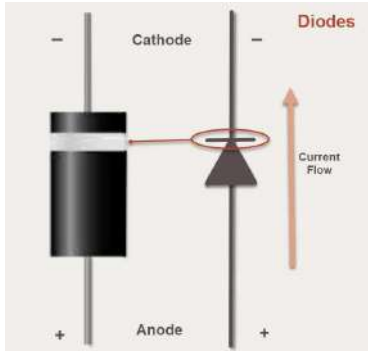
○ DC Direnç (DCR)

Ferrite bead'in DC direnci, devre üzerindeki toplam direnci ve dolayısıyla güç kaybını etkiler.

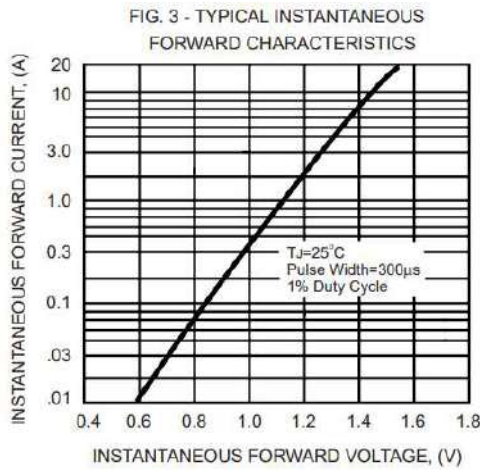
- Düşük DCR: Güç hatları için idealdir, çünkü düşük güç kaybı sağlar.
- Yüksek DCR: Daha az önemli sinyal hatlarında kullanılabilir.

Diode

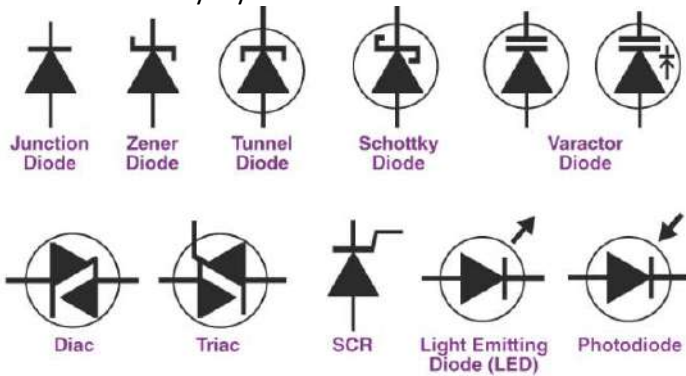
- Elektrik akımını yalnızca bir yönde geçiren yarı iletkendir. Doğrultma, anahtarlama ve sinyal iletimi gibi birçok uygulamada kullanılırlar.
- Diyotun + ucu, kaynağın + terminaline; diyotun – ucu, kaynağın – terminaline bağlantısı yapılmışsa bu doğru polarma halidir. Farklı bir durum ters polarma olarak yorumlanır. Burada önemli olan bir diğer nokta, diyotlar doğru polarma altında yeterli gerilim (eşik gerilimi) uygulanırsa ilettime geçecektirler.
- [Diyot](#), elektrik akımının yalnızca bir yönde geçişine izin veren, yarı iletken maddelerden yapılmış iki uçlu bir devre elemanıdır.
- Diyotun anot ve katot olmak üzere iki bacağı bulunur. Diyotlar, akımı üzerlerinden yalnızca anottan katoda doğru iletirler.



- Bir diyotun ne kadarlık bir kırpm **clipping** yapacağı, genellikle diyotun tipine ve uygulanan akıma bağlıdır. Diyotun kırpm seviyesini anlamak için datasheet'teki **Forward Characteristics** İleri Yönlü Karakteristikler grafiğine bakmak önemlidir.
- Bu grafik, diyotun ileri yöndeki voltajının V_f akıma I_f bağlı olarak nasıl değiştiğini gösterir. Diyotun ileri yöndeki eşiği genellikle 0.6V ila 0.7V arasında olur silikon diyotlar için, ancak bu değer diyotun tipine ve üreticiye göre değişebilir. Diyotun akımı arttıkça, ileri voltajı da artar, ancak bu artış genellikle yavaştır.
- Diyotun kırpm seviyesini belirlemek için, ileri yöndeki karakteristik eğrisini inceleyin ve diyotun çalışma koşullarınızda yani uyguladığınız akım seviyesinde hangi voltaj değerine karşılık geldiğini belirleyin. Bu voltaj değeri, diyotun kırpm seviyesini verecektir.



- Detaylı bilgi için <https://devreyakan.com/diyot-nedir/> linkten bilgi alabiliriz.
- Farklı amaçlar için üretilmiş farklı tipte diyotlar mevcuttur. Bunlardan bazıları LED, zener diyot ve schottky diyottur.

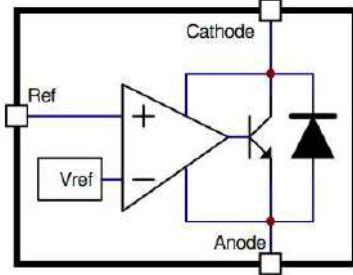


- Zener Diyot, belirli bir zener gerilimine ulaşıldığında ters yönde zenerleme modunda çalışarak belirli bir voltajı sabit bir şekilde tutar.

TL431

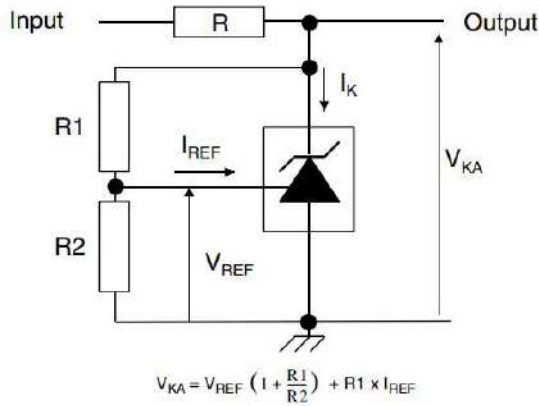
- TL431, bir referans voltajı ile karşılaştırılan bir gerilim geribesleme devresine sahip bir shunt regülatördür. Belirli bir referans gerilimi ile bir gerilim karşılaştırıcısını içerir. Bu entegre devre, çıkış gerilimini belirli bir referans voltajına karşı düzenleyerek çalışır. Bir direnç bölücü kullanılarak çıkış gerilimi ayarlanabilir. Genellikle 2.5 V'dan 36 V'ye kadar olan çıkış gerilimleri için kullanılabilir.
- **Temel Çalışma Prensibi**, bir referans voltaj kaynağı, bir **opamp** benzeri bir **karşılaştırıcı** ve bir gate kontrollü bir **transistör** içerir. Bu üç bileşenin kombinasyonu, devrenin istenilen çıkış

gerilimini ayarlamasını ve korumasını sağlar.



- **Devre Yapısı ve İşleyişi:**

- Referans Voltajı: TL431'in temel bir özelliği, sabit bir referans voltajı sağlamasıdır tipik olarak 2.5 V. Bu gerilim, entegrenin iç yapısındaki bir bant-gap referans tarafından sağlanır ve sıcaklık değişikliklerine karşı oldukça stabil bir değerdir.
- Gerilim Ayarı: Bir ayar pinine genellikle katot sahiptir. Bu pin üzerindeki voltaj, TL431'in içindeki karşılaştırıcı ile karşılaştırılarak çalıştırılır. Bu pindeki voltaj, TL431'in açık veya kapalı olup olmadığını kontrol eder. Katot akımı genellikle 100mA seviyelerine kadar sorunsuzca çalışabilir.
- Ayar Dirençleri: Çıkış voltajı, TL431'e bağlı harici bir direnç ağı (iki direnç, R1 ve R2) ile ayarlanabilir. Bu dirençler, referans voltajının katot pinine uygulanan voltajı bölerek ayarlar. Direnç değerlerinin ayarlanması ile istenilen çıkış voltajı elde edilir. Burada V_{KA} ayarlanan çıkış voltajı, V_{REF} TL431'in referans voltajı, R1 ve R2 harici dirençler ve I_{REF} ayar akımıdır.



$$V_{KA} = V_{REF} \left(1 + \frac{R1}{R2} \right) + R1 \times I_{REF}$$

- **Çalışma Mekanizması:** Çıkış voltajı, referans voltajının üzerine çıktığında, TL431 içindeki karşılaştırıcı bu durumu algılar ve transistörü açarak devrenin diğer kısımlarına akım geçişini sınırlar. Böylece, çıkış voltajı sabit bir seviyede tutulur. Eğer çıkış voltajı referans değerinin altına düşerse, transistör kapanır ve devreye daha fazla akım akar.
- **Uygulamalarda Kullanımı:** Genellikle güç kaynaklarında ve gerilim regülatörlerinde, gerilim izleme uygulamalarında, over-voltage koruma devrelerinde, şarj devrelerinde ve stabilizatörlerde kullanılır.
- **Örnek Uygulama:**
 - Giriş voltajının 24V ve çıkış voltajının 5V olması için TL431 ile bir voltaj düşürücü devre kurulumunu yaparken, yine TL431'in referans voltajını (2.5V) ve iki harici direnç R1 ve R2 kullanacağız. Çıkış voltajı V_{out} için aşağıdaki formülü kullanırız:
$$V_{out} = V_{ref} \left(1 + \frac{R1}{R2} \right)$$
 - Bu formüle göre çıkış voltajını 5V olarak ayarlamak istediğimizde, R1 ve R2 oranını hesaplayabiliriz:
$$\frac{R1}{R2} = \frac{V_{out}}{V_{ref}} - 1$$
 - Bu oranı kullanarak uygun direnç değerlerini hesaplayalım.
 - Çıkış voltajının 5V olabilmesi için R1 ve R2 dirençlerinin oranı tam olarak 1 olmalıdır. Bu, R1 ve R2 dirençlerinin eşit değerlere sahip olması gerektiği anlamına gelir. R2 direnci olarak 1 kΩ seçtiğinizde, R1 direnci de 1 kΩ olmalıdır. Bu dirençlerle kurduğunuz TL431 devresi, 24V giriş voltajını 5V çıkış voltajına düşürecektir.
- Detaylı bilgi için <https://www.firatdeveci.com/kontrolun-kalbi-tl431/> linkten bilgi alabiliriz.

Transistor

- Elektrik sinyallerini kontrol etmek ve amplifikasyon yapmak için kullanılan aktif yarı iletken

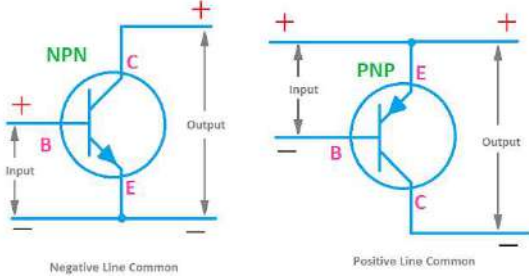
bileşenlerdir. **NPN** ve **PNP** olmak üzere iki farklı tipi vardır.

- Üç bölgeden oluşur: emiter, base ve kolektör.

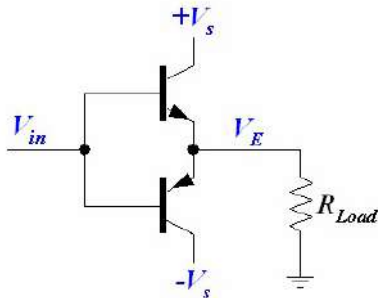


SOT-23

- Transistörün temel çalışma prensibi, baz ve emiter arasına uygulanan gerilimle kontrol edilir. Bu gerilim, **baz-emiter birleşiminde bir diyot** gibi davranarak, baz-emiter arasındaki bariyeri aşmak için yeterli olmalıdır. Bu bariyeri aşmak için uygulanması gereken gerilim, her iki tür transistör için de tipik olarak yaklaşık 0.6 - 0.7 voltur.
- NPN transistörde base artı gerilim verildiğinde; collectörden emiter'e akım geçer. PNP transistörde base şaselendiğinde collectörden emitere akım geçer.



- BJT Transistör anahtarlama hakkında detaylı bilgi edinmek için linkteki <https://tr.linkedin.com/pulse/bjt-transistör-ile-anahtarlama-ozan-büyük> yazıyı ve <https://www.electronicshub.org/transistor-as-a-switch/> makaleyi okuyabiliriz.
- Transistörler için dikkat edilmesi gereken bazı önemli parametreler ve özellikler vardır.
 - **Maksimum Collector-Emiter Voltajı (Vce):** Transistörün kolektör ve emetör uçları arasında güvenli bir şekilde uygulanabilecek maksimum voltajdır. Bu voltajın aşılması transistörün bozulmasına yol açabilir.
 - **Maksimum Akım (Ic):** Transistörün taşıyabileceği maksimum akım değeridir. Bu değeri aşmak transistörün zarar görmesine neden olabilir.
 - **Kazanç (hFE veya β):** Transistörün akım kazancıdır. Bu değer, transistörün ne kadar akım yükseltebileceğini belirler. Bu değer, transistörün collector akımının (Ic) base akımına (Ib) oranı olarak tanımlanır. Örneğin, bir transistörün hFE değeri 100 ise, bu, transistörün kolektöründe, bazına uygulanan akıma göre 100 kat daha fazla akım taşıyabileceği anlamına gelir. Yani, base akımı 1 mA ise, collector akımı 100 mA olacaktır.
- **Totem Pole** yapı, bir yüksek güç çıkış aşamasını uygulamak için iki BJT'nin bir NPN ve bir PNP seri olarak bağlandığı bir devredir. Bu dizilim, hem yüksek hem de düşük çıkış seviyelerinde düşük çıkış empedansı sağlar ve hızlı geçişler için yeterli akım sağlama yeteneğine sahiptir. Amaç, giriş sinyaline göre yüksek ve düşük çıkışları hızlı bir şekilde değiştirebilmektir. Kontrol sinyali **yüksek** olduğunda, NPN transistör kesimdedir ve PNP transistör doyuma geçer. Bu, çıkışın düşük seviyeye çekilmesini sağlar. Kontrol sinyali **düşük** olduğunda, PNP transistör kesime gider ve NPN transistör doyuma geçer. Bu, yüksek seviye çıkışını sağlar.



- **Sziklai Transistör Çifti**, iki bipolar transistörün (bir NPN ve bir PNP) bir arada kullanıldığı bir devre konfigürasyonudur. Bu yapı, genellikle **yüksek akım** kapasitesi ve **düşük doyma voltajı** gerektiren uygulamalarda kullanılır

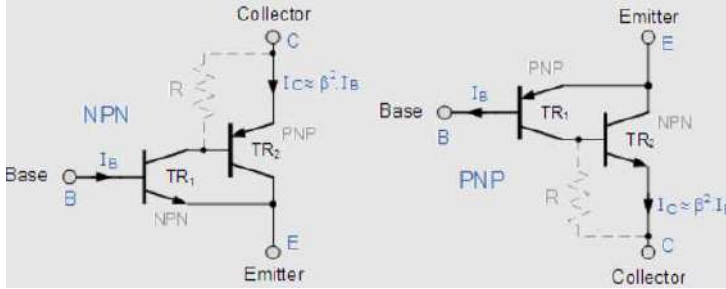
Sziklai çiftinde, NPN transistörün kolektörü PNP transistörün emitörüne bağlıdır. NPN transistörün tabanı, sinyal girişi olarak kullanılır ve PNP transistörün tabanı, NPN transistörün emitörüne bağlanır. Çıkış, PNP transistörün kolektöründen alınır. Bu yapı, her iki transistörün de aynı anda aktif olmasını sağlar, böylece **yüksek akım kazancı** elde edilir.

Toplam akım kazancı (β_{total}) her iki transistörün akım kazançlarının çarpımı kadar olur. Bu özellikler, Sziklai çiftini güç amplifikatörleri, anahtarlama uygulamaları ve motor sürücü devreleri gibi pek çok alanda ideal bir seçenek yapar.

$$\beta_{total} \approx \beta_{PNP} \times \beta_{NPN}$$

Çıkış akımı I_{out} için, giriş akımı I_{base} ve transistörlerin toplam akım kazancı dikkate alınarak şu şekilde hesaplanır:

$$I_{out} = I_{base} \times \beta_{total}$$



- Transistörlerin **sağlamlık** testlerini, multimetrenizin diyot kademesini kullanarak kolayca gerçekleştirebilirsiniz.

- NPN için, kırmızı probu base'e, siyah probu emitter ve collector'a sırasıyla değdirin.

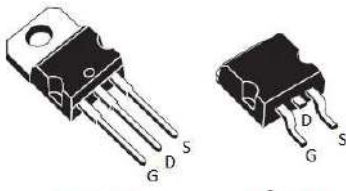
- PNP için, siyah probu base'e, kırmızı probu emitter ve collector'a sırasıyla değdirin.

Değdirildiğinde, eğer transistör sağlamısa, multimeter ekranında yaklaşık olarak 0.6 ila 0.7 volt arasında bir değer göstermelidir. Base-Emitter ve Base-Collector arasındaki pn geçişlerinin sağlam olduğunu gösterir.

Emitter-Collector arasında ise genellikle açık devre olması beklenir.

Mosfet

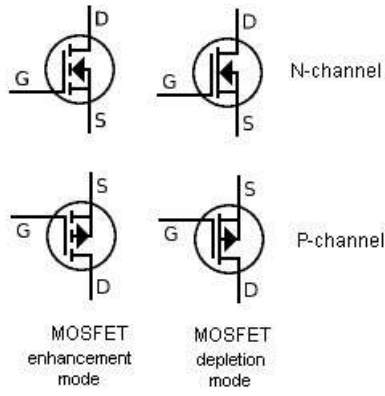
- MOSFET (Metal Oxide Semi-conductor Field Effect Transistor), transistörlerin bir türüdür ve genellikle yüksek hızlı anahtarlama uygulamalarında kullanılır.
- MOSFET'in temel çalışma prensibi, gate terminaline uygulanan voltajın, yarıiletken üzerindeki taşıyıcı yoğunluğunu kontrol etmesine dayanır.
- Source (Kaynak) ve Drain (Tahliye) MOSFET'in iki ucudur ve referans voltajına bağlanır. Gate (Kapı), MOSFET'in kontrol terminalidir. Gate üzerine uygulanan voltaj, yarıiletken içindeki taşıyıcı yoğunluğunu kontrol eder ve MOSFET'in iletim veya kesim durumunu belirler.



TO-220

D²PAK

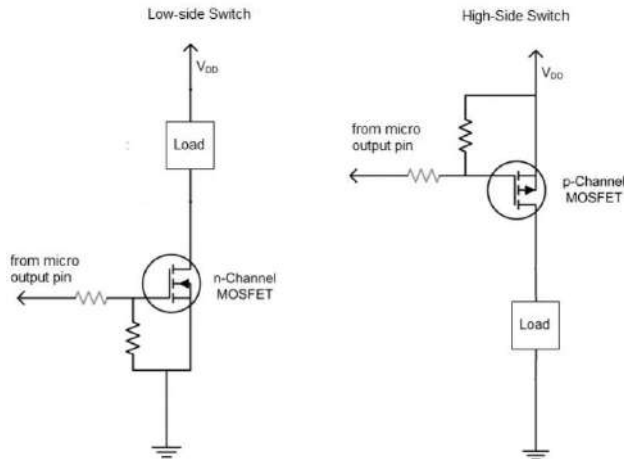
- Çalışma karakteristiklerine göre **Depletion** (Azalan) Tip MOSFET ve **Enhance** (Çoğalan) Tip MOSFET olmak üzere iki tip MOSFET vardır.
- Depletion, kanal ayarlamalı D-MOSFET iken Enhancement kanal oluşturmali E-MOSFET'dir.
- Hem Depletion hem de Enhancement tip MOSFET'ler, **N channel** kanal ve **P channel** olmak üzere iki farklı sınıfa ayrılırlar.
- JFET'e benzer özellikler göstermekle birlikte JFET'lerden daha kullanışlı özelliklere sahiptir.



- N kanal MOSFET'ler, Drain ve Source uçlarına bağlı iki N tipi maddeden oluşmaktadır ve gate ucuna **pozitif** voltaj verildiğinde akım Drain'den Source'a doğru akmaktadır.
- P kanal MOSFET'ler ise Drain ve Source'a bağlı iki P tipi maddeden oluşmakta ve gate ucuna **negatif** voltaj verildiğinde akım Source'dan Drain'e doğru akmaktadır.

MOSFET Type	$V_{GS} < 0$	$V_{GS} = 0$	$V_{GS} > 0$
N-channel Enhancement	OFF	OFF	ON
N-channel Depletion	OFF	ON	ON
P-channel Enhancement	ON	OFF	OFF
P-channel Depletion	ON	ON	OFF

- N kanal MOSFET'ler genellikle daha yüksek performans ve daha düşük maliyet sağladığı için low side switch olarak tercih edilirken, P kanal MOSFET'lerin devre tasarımı basitleştirme ve bazı güvenlik avantajları sağlama özellikleri nedeniyle high side switch olarak kullanımı yaygındır.



- Gate bacağından akım geçmediğinden bir kez tetiklendikten sonra bacak boşa alınsa bile farklı tetikleme yapana kadar akım akmaya devam eder.
- MOSFET'lerin çalışma prensiplerini ve davranışlarını anlamada, Output Characteristics ve Transfer Characteristics grafikleri kritik öneme sahiptir.
 - **Transfer karakteristikleri**, V_{GS} ile I_D arasındaki ilişkiyi gösterir. Bu grafik genellikle V_{DS} 'nin sabit tutulduğu bir durumda elde edilir ve MOSFET'in nasıl açılıp kapandığını ve farklı V_{GS} değerlerinde nasıl davrandığını gösterir.

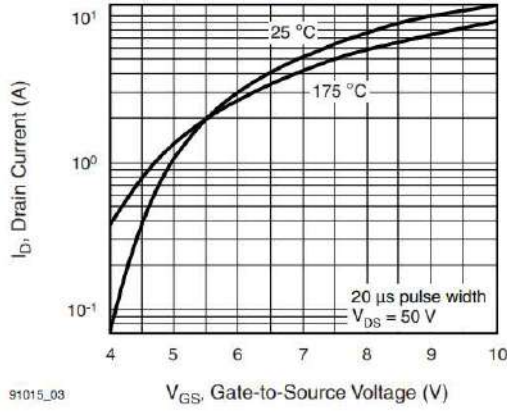


Fig. 3 - Typical Transfer Characteristics

- **Çıkış karakteristikleri** grafikleri, MOSFET'in çıkış akımı I_D ile çıkış voltajı V_{DS} arasındaki ilişkiyi gösterir. Bu grafikler, belirli bir kapı-kaynak voltajı V_{GS} için çizilir. Çıkış karakteristikleri, MOSFET'in farklı çalışma bölgelerini gösterir:

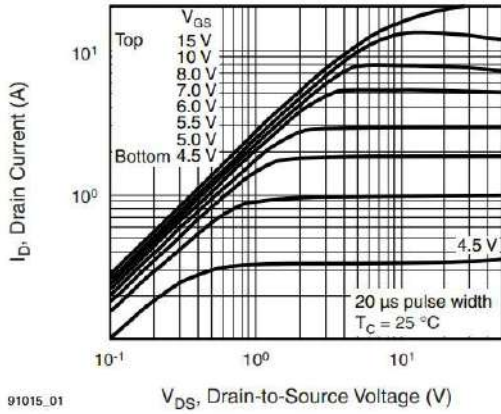


Fig. 1 - Typical Output Characteristics, $T_C = 25^\circ\text{C}$

- Transistörlerin **sağlamlık** testlerini, milimetrenizin diyot kademesini kullanarak kolayca gerçekleştirebilirsiniz.
 - N-Kanal MOSFET için, Siyah probu Source'a, kırmızı probu Drain'e bağlayın. Kırmızı probu Gate'e dokundurarak birkaç saniye için Gate'i şarj edin. Ardından, kırmızı probu Drain'e geri koyun. Multimeter direnç göstermeli.
 - P-Kanal MOSFET için, Kırmızı probu Source'a, siyah probu Drain'e bağlayın. Siyah probu Gate'e dokundurarak birkaç saniye için Gate'i şarj edin. Ardından, siyah probu Drain'e geri koyun. Multimeter direnç göstermeli.
- https://youtu.be/zPQ0gqzCT_w?si=FWScEIUuIPZS69W2 video ile <https://maker.robotistan.com/mosfet/> ve <https://www.electronicshub.org/mosfet-as-a-switch/> makaleden ayrıntılı bilgi edinebiliriz.
- https://www.linkedin.com/posts/erolbalaban_argedeivme-argedeivme-teknoloji-activity-7121872835861446656-92s-?utm_source=share&utm_medium=member_desktop Opto-coupler ile P channel bir mosfet tetikleme devresini inceleyebiliriz.

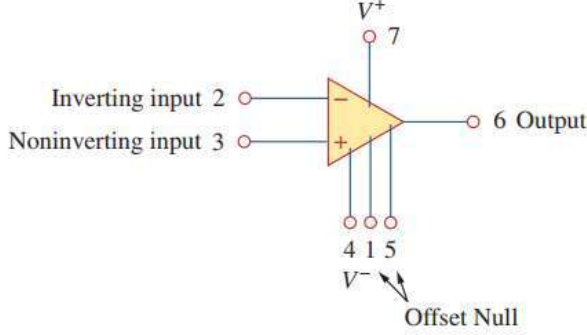
Opamp

- Op-amp'ın temel işlevi, bu iki giriş arasındaki voltaj farkını kuvvetlendirerek çıkışa aktarmasıdır. Genellikle sinyal işleme ve amplifikasyon için kullanılan **yüksek kazançlı** elektronik devrelerdir.
- **Operasyonel yükselteç (Op-Amp)** genellikle **voltaj kontrollü voltaj kaynağı (VCVS - Voltage Controlled Voltage Source)** olarak modellenir.
 - Op-Amp'ın çıkış voltajı, girişine uygulanan voltajın A açık çevrim gerilim kazancı ile çarpılmış halidir.

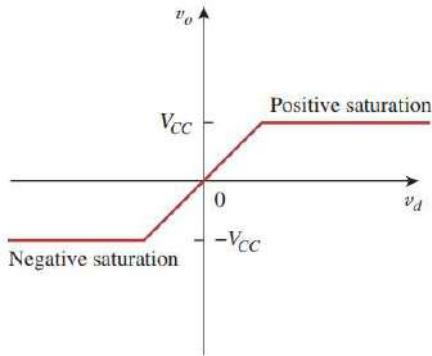
$$V_{out} = A \cdot V_d = A \cdot (V_+ - V_-)$$
 - Bu formül, çıkış voltajının giriş voltajı farkına bağlı olduğunu ve bir **bağımlı voltaj kaynağı** gibi davrandığını gösterir.
 - Op-Amp **dışarıdan güç kaynağına** (örneğin $\pm 15\text{V}$) ihtiyaç duyar ve bu enerjiyi kullanarak giriş voltajını yükseltebilir.
 - **Açık çevrimde** yani geri besleme olmadan **kazanç çok yüksektir**, dolayısıyla pratikte op-

amp'lar genellikle **geri besleme ile** kullanılır.

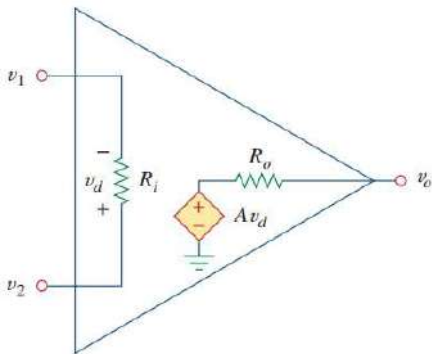
- Temel olarak, bir op-amp iki giriş ve bir çıkışa sahiptir. Bu girişlerden biri **inverting (-)** olarak adlandırılırken, diğeri **non-inverting (+)** olarak adlandırılır.
- Evirmeyen uca uygulanan bir giriş, çıkışta aynı polaritede görünürken, eviren uca uygulanan bir giriş, çıkışta negatif polariteye sahip olacaktır.



- Op-amp'nin pratik bir sınırlaması, çıkış voltajının büyüklüğünün $|V_{CC}|$ 'yi geçememesidir. Başka bir deyişle, çıkış voltajı güç kaynağı voltajına bağlıdır ve onunla sınırlıdır.
- Op-amp, diferansiyel giriş voltajı V_d 'ye bağlı olarak üç modda çalışabilir:
 1. Pozitif satürasyon, $V_{out} = V_{CC}$
 2. Lineer bölge, $-V_{CC} \leq V_{out} = A \cdot V_d \leq V_{CC}$
 3. Negatif satürasyon, $V_{out} = -V_{CC}$
- Eğer V_d 'yi lineer bölgenin dışına doğru artırmaya çalışırsak, op-amp doyuma gider ve $V_{out} = V_{CC}$ veya $V_{out} = -V_{CC}$ olur.



- İdeal olmayan bir op-amp'nin eşdeğer devre modeli gösterilmiştir.

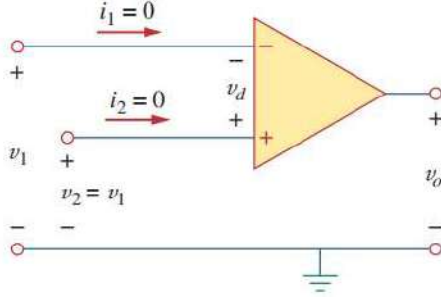


- İdeal bir op-amp, sonsuz açık döngü kazancı, sonsuz giriş direnci ve sıfır çıkış direncine sahip bir amplifikatördür.
 - Sonsuz açık çevrim kazancı, $A \approx \infty$
 - Sonsuz giriş direnci, $R_i \approx \infty$
 - Sıfır çıkış direnci, $R_o \approx 0$
- Devre analizi için, ideal olmayan modelden türetilen ideal op-amp modeli gösterilmiştir.
- İdeal op-amp'ın iki önemli özelliği şunlardır:
 - Her iki giriş terminaline gelen **akımlar sıfırdır**.
 $i_1 = 0, i_2 = 0$
 Bu, **sonsuz giriş direncinden** kaynaklanır. Giriş terminalleri arasındaki sonsuz direnç, orada

açık bir devrenin var olduğu ve akımın op-amp'a giremeyeceği anlamına gelir.

- Giriş terminalleri arasındaki **voltaj sıfıra** eşittir.

$$V_1 = V_2$$



- İşlemsel yükselteç, terminallerine **direnç** ve **kapasitör** gibi harici elemanlar bağlandığında bazı matematiksel işlemleri **toplama, çıkarma, çarpma, bölme, türev alma** ve **integral alma** gerçekleştirecek şekilde tasarlanmıştır.
- Op-amp'lar, farklı yapılandırmalarla birçok farklı işlevi yerine getirebilir.
 - **Buffer:** Giriş voltajını herhangi bir kazanç olmadan çıkışa aktarır.
 - **Inverting Amplifier:** Giriş sinyalini belirli bir kazanç faktörüyle kuvvetlendirir.
 - **Summing Amplifier:** Birden fazla giriş sinyalini toplar.
 - **Differential Amplifier:** İki sinyal arasındaki farkı kuvvetlendirir.
 - **Integrator ve Differentiator:** Sinyalleri zamanla integre eder veya türevlerini alır.

Noninverting Amplifier

- Non-inverting opamp devresinin çıkış voltajı şu şekilde hesaplanır;
 - Opamp'ların ideal durumda giriş akımı yoktur, yani giriş terminallerine akan akım sıfırdır. Negatif geri besleme sayesinde, ters çeviren (-) giriş terminalinin voltajı, (+) giriş terminaliyle aynı olur. Bu nedenle, ters çeviren giriş terminalinin voltajı 0V olur.

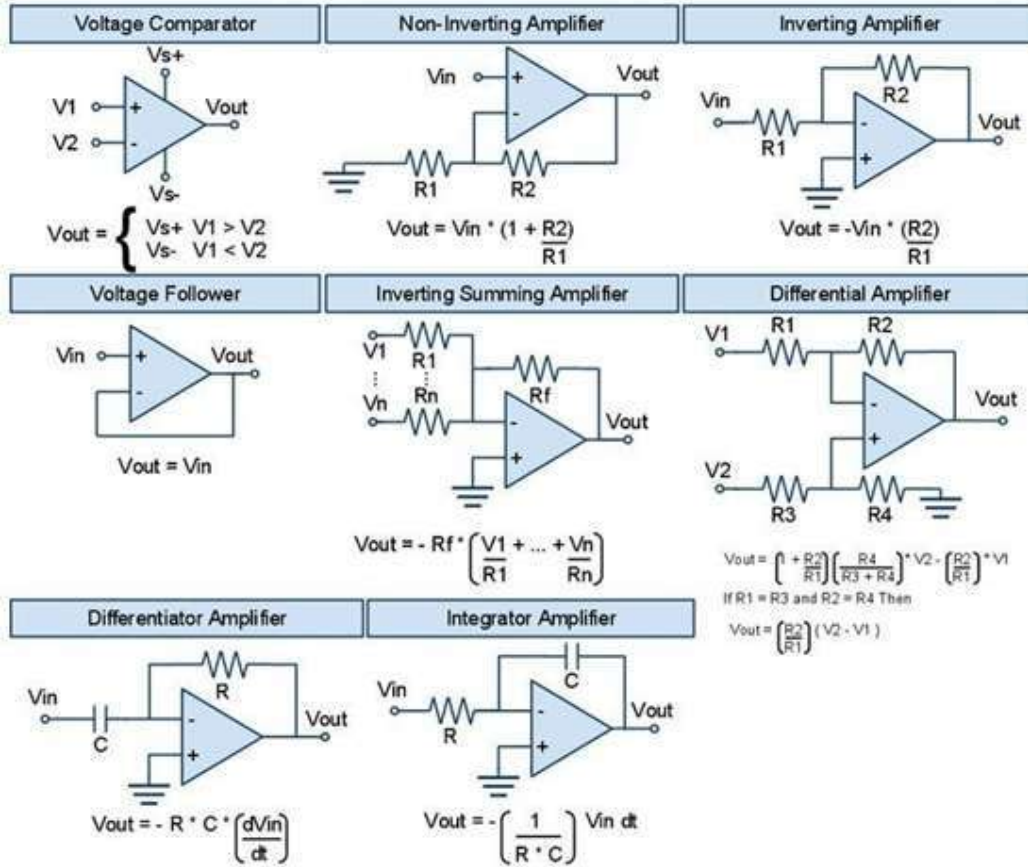
Giriş akımı, $I_{in} = V_{in}/R_1$ 'dir. Bu akım, geri besleme direncinden akarak opamp çıkışına ulaşır, dolayısıyla $I_{in} = I_{fb} = V_{out}/R_2$ olur. Akımları eşitleyerek, $V_{in}/R_1 = -V_{out}/R_2$ ifadesini de yeniden düzenleyerek çıkış voltajını buluruz.

$$V_{out} = -V_{in} \times (R_2/R_1)$$

- Non-inverting opampın (+) terminaline voltaj verildiğinde negatif geri besleme nedeniyle, (-) terminalindeki voltaj, (+) terminalindeki voltajla aynı olmaya çalışır. Bu nedenle, ters çeviren giriş terminalinin voltajı artık 0V değil, (+) terminaline uygulanan voltaj değeri kadar olacaktır.

Çıkış voltajı formülü aşağıdaki gibi olur.

$$V_{out} = (V_{in} - (V_s)) \times (R_2/R_1) + (V_s)$$



- Opampın çıkış gerilimi sınırları şu faktörlere bağlıdır:
 - Opampın besleme gerilimleri opampın çıkış gerilim aralığını belirleyen en önemli faktördür. Çıkış gerilimi, bu besleme gerilimlerinin sınırları içinde kalmak zorundadır. Eğer opamp +5V ve 0V (toprak) ile besleniyorsa, çıkış gerilimi yaklaşık olarak 0V ile +5V arasında olabilir.
 - Common-Mode Input Voltage Range (CMVR)**, opampın düzgün çalışabileceği giriş gerilimlerinin aralığını tanımlar opampın girişlerinin besleme gerilimleri arasında hangi voltajlarda kararlı bir şekilde çalışabileceğini gösterir.

		MIN	MAX	UNIT
V_S	Supply voltage, $V_S = ([V+] - [V-])$			
		LM358B, LM358BA, LM2904B, LM2904BA	3 36	V
		LM158, LM258, LM358, LM158A, LM258A, LM358A, LM2904V	3 30	
		LM2904	3 26	
V_{CM}	Common-mode voltage	V_-	$V_S - 2$	V

- Output Voltage Swing**, opampın iç yapısına bağlı olarak çıkış geriliminin ulaşabileceği maksimum ve minimum değerler. Opampın çıkış gerilimi, genellikle besleme gerilimlerinin tam sınırlarına ulaşamaz. Örneğin, +5V ve 0V besleme gerilimlerine sahip bir opamp, çıkış gerilimini yaklaşık 3.65V ile 0.1V arasında sınırlandırabilir.

PARAMETER		TEST CONDITIONS		MIN	TYP ⁽¹⁾	MAX	UNIT
OUTPUT							
V _O	Voltage output swing from rail	Positive Rail (V+)	I _{OUT} = 50 μA		1.35	1.5	V
			I _{OUT} = 1 mA		1.4	1.6	
		I _{OUT} = 5 mA		1.5	1.75		
	Negative Rail (V-)	I _{OUT} = 50 μA		0.1	0.15		
		I _{OUT} = 1 mA		0.75	1		

- Rail to rail**, op-amp'ın çıkış voltajının, besleme voltajlarına çok yakın seviyelere ulaşabilmesini ifade eder. Genellikle, geleneksel op-amp'lar, besleme voltajlarından birkaç volt aşağıda veya yukarıda çıkış verebilirler. Ancak, rail to rail op-amp'lar bu sınırlamayı aşarak neredeyse besleme voltajı kadar düşük veya yüksek çıkış yapabilirler.
 - Rail to rail özelliği iki farklı şekilde görülebilir.

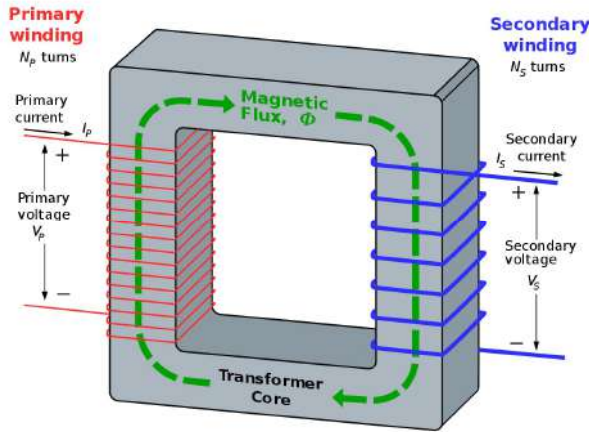
- **Rail to Rail Input (RRI):** Op-amp'ın giriş aşamasının, negatif ve pozitif besleme voltajları arasındaki tam aralığı kabul edebilmesini ifade eder.
- **Rail to Rail Output (RRO):** Op-amp'ın çıkışının, besleme voltajlarına (negatif veya pozitif) çok yakın değerlere çıkabilmesini sağlar.
- İşte rail to rail op-amp'ların sağladığı bazı ana avantajlar.
 - **Geniş Çıkış Voltaj Aralığı:** Rail to rail op-amp'lar, çıkış voltajını güç kaynağının negatif ve pozitif uçlarına (rails) kadar genişletir. Bu, özellikle besleme voltajının sınırlı olduğu uygulamalarda, kullanılabilir voltaj aralığını maksimize eder ve daha geniş bir çıkış voltajı sağlar.
 - **Daha İyi Sinyal Bütünlüğü:** Sinyalin kesilmeden veya bozulmadan daha yüksek veya daha düşük seviyelere ulaşmasını sağlar. Bu, özellikle hassas ölçüm ve kontrol uygulamalarında sinyal bütünlüğünün korunmasına yardımcı olur.
- Op-amp seçimi yaparken göz önünde bulundurmanız gereken temel özellikler:
 - **Kazanç Bant Genişliği Ürünü (GBP - Gain Bandwidth Product):** Kazanç bant genişliği ürünü, op-amp'ın frekans yanıtını ifade eder. Yüksek frekanslarda çalışılacaksa, yüksek GBP değerine sahip bir op-amp tercih edilmelidir. Bu değer, op-amp'ın yüksek kazanç sağlarken destekleyebileceği maksimum frekansı gösterir.
 - **Gürültü:** Özellikle hassas sinyal işleme ve ölçüm uygulamaları için önemlidir. Düşük gürültü seviyesine sahip op-amp'lar, sinyalin daha temiz ve daha az bozulma ile işlenmesini sağlar.
 - **Giriş Ofset Voltajı:** Giriş ofset voltajı, op-amp'ın giriş terminalleri arasında uygulanması gereken minimum voltaj farkıdır. Daha düşük ofset voltajına sahip op-amp'lar, daha yüksek hassasiyet gerektiren uygulamalarda tercih edilir.

Triac

- Yüksek güç anahtarlama uygulamalarında kullanılan yarı iletken anahtarlar olarak görev yaparlar. Özellikle alternatif akım devrelerinde kullanılırlar ve anahtarlama yapısını sürdürürler.

Transformer

- Transformatörler, elektrik enerjisini bir devreden diğerine manyetik indüksiyon yoluyla iletirler. Özellikle gerilim ve akım seviyelerini dönüştürmek, yükseltmek veya düşürmek için kullanılırlar. Temel olarak iki veya daha fazla sargıdan oluşurlar. Bunlardan biri giriş sargısı primer, diğeri ise çıkış sargısı sekonder olarak adlandırılır.



- Detaylı bilgi için <https://maker.robotistan.com/transformator-nedir/> makeleyi okuyabiliriz.

Varistor

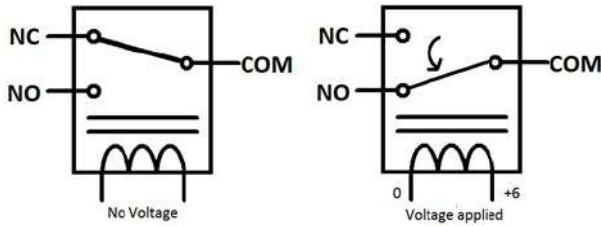
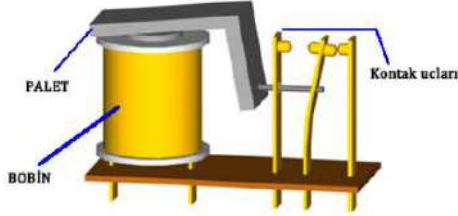
- Varistörler, voltaj yükseldiğinde direnci azaltarak veya voltaj düştüğünde direnci artırarak voltaj dalgalanmalarını söndürebilmektedir. Genellikle devreyi geçici aşırı gerilimlere karşı korumak (yani gerilim dalgalanmalarını söndürmek), böylece devrenin aşırı voltaj değişimlerinden dolayı zarar görmesini engellemek için kullanılmaktadır.
- <https://www.elektrikport.com/universite/varistor-nedir/12276#ad-image-0> ,
<https://devreyakan.com/varistor-nedir/> link üzerinden konu hakkında detaylı bilgi edinebiliriz.

Relay

- Elektrik kumanda devrelerinde kullanılan ve düşük akımları anahtarlama kabiliyetine sahip elektromekanik bir devre elemanıdır. Rölenin bobinine çok düşük bir enerji uygulanarak kontakları vasıtasıyla daha büyük akımlar anahtarlatabilir
- Bobin enerjilendiğinde oluşan elektromekanik alan röle kontaklarını harekete geçirir ve konum

değiştirmesini sağlar. Enerji kesildiğinde ise kontaklar tekrar ilk konumuna döner.

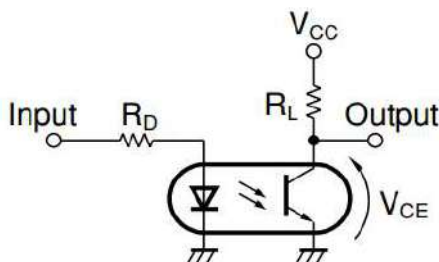
- Rölelerin Temel Bileşenleri,
 - **Bobin**, elektromekanik rölelerde, bobin akım geçirdiğinde manyetik bir alan oluşturur. Bu manyetik alan, rölenin kontaklarını hareket ettirir.
 - **Kontaklar**, rölenin açık veya kapalı durumunu kontrol eder. Genellikle normalde açık (NO) ve normalde kapalı (NC) olarak iki ana tipte olur.
 - **Çekirdek**, bobinin etrafında bulunan ve manyetik alanı yoğunlaştıran metal çubuktur.
 - **Dönüş Yayı**, kontakları varsayılan pozisyonlarına (enerjisiz duruma) geri döndürmek için kullanılır.



- Röle seçerken dikkate alınması gereken temel özellikler şunlardır:
 - **Kontak Yapısı ve Yük Kapasitesi**, rölenin taşıyabileceği maksimum akım ve voltaj.
 - **Bobin Gerilimi** rölenin çalıştırılması için gereken gerilim.
 - **Anahtarlama Hızı ve Ömrü**, özellikle yüksek sıklıkta açma/kapama işlemleri yapılan uygulamalarda önemlidir.
 - **Çalışma Ortamı**, rölenin kullanılacağı ortamın sıcaklık, nem gibi koşulları.
- <https://elektrikinfo.com/rolenin-calisma-prensibi/> ile <https://devreyakan.com/role-nedir-cesitleri-nedir-nerelerde-kullanilir/> linkte konu hakkında bilgi alabiliriz.

Optocoupler

- Optocoupler, aynı zamanda opto-izolatör olarak da bilinen, elektriksel olarak izole edilmiş iki devre arasında ışık yoluyla sinyal aktarımı sağlayan bir elektronik bileşendir. Bu bileşen, genellikle giriş ve çıkış devrelerini yüksek voltajlardan korumak için kullanılır.
- Optocoupler genellikle bir LED (Light Emitting Diode) ve bir fotosensörden oluşur. Bu fotosensör, bir fototransistör, bir fotodiyot, bir foto SCR veya bir foto TRIAC olabilir. LED, giriş devresi tarafından kontrol edilir ve aktive olduğunda ışık yayarak fotosensöre sinyal iletir. Fotosensör, aldığı ışık sinyalini elektrik sinyaline çevirerek çıkış devresine iletilmesini sağlar.
- **Ana işlevi**, bir elektrik sinyalini bir cihazdan (örneğin, bir mikrodenetleyici veya bir sensör) alıp bu sinyali izole ederek diğer bir cihaza (örneğin, bir röle veya bir başka entegre devre) iletmektir. Birçok farklı uygulamada kullanılırlar, örneğin röle sürme, sensörlerden gelen verilerin okunması, motor hız kontrolü, güç kaynakları ve daha birçok alanda kullanılır.
- **İzolasyon**, iki cihaz arasında elektriksel olarak ayrılmasını sağlar ve bu, birçok avantaj sağlar. Elektriksel gürültüyü önler ve bir cihazın diğerine zarar vermesini engeller. İki cihazın farklı toprak seviyelerine sahip olduğu durumlarda kullanışlıdır. Bu, toprak dengesizliklerinden kaynaklanan sorunları önler. Yüksek gerilimli veya tehlikeli uygulamalarda güvenlik sağlar. İzole edilmiş devreler, operatörleri elektriksel tehlikelerden korur.



- Current Transfer Ratio

- Transistörler, base uçlarından geçen akımın ortalaması Beta katı ile emiterlerinden akım aktırırken, burada ise ledin ışık şiddeti ile orantılı şekilde optokuplörün transistöründen akım geçmektedir.
- Optokuplerlerde CTR yani Current Transfer Ratio oranı, optokuplerin girişindeki LED tarafından emilen akımın I_{input} , çıkışındaki fototransistör tarafından geçirilen akımın I_{output} oranıdır. Bu oran, genellikle yüzde olarak ifade edilir ve optokuplörün verimliliğini ölçmek için kullanılır.

$$CTR (\%) = (I_{output} / I_{input}) \times 100$$
- Optokuplörlerin CTR oranı normal transistörlerin Beta oranına göre oldukça düşük ve çevresel etmenlere bağlı şekilde çok değişkendir. Örneğin [PC817](#) için CTR değerleri %50 ile %600 arasında değişkenlik göstermektedir. Bu, optokuplerin üretim sürecindeki doğal varyasyonları ve çeşitli çalışma koşullarındaki performans farklılıklarını yansıtır.
- Daha yüksek bir CTR değeri, giriş ve çıkış arasında daha fazla akım transfer edildiğini ve dolayısıyla daha az giriş akımı gerektiğini gösterir, bu da daha düşük enerji tüketimi ve genellikle daha yüksek bir sinyal kazancı anlamına gelir.
- Bir optokuplerin CTR değeri, birkaç faktöre bağlı olarak değişebilir:
 - LED'in Işık Verimliliği: LED ne kadar fazla ışık üretirse, fototransistör tarafından o kadar fazla akım taşınır.
 - Fototransistörün Duyarlılığı: Fototransistörün ışıkla ne kadar etkin bir şekilde "açıldığı" veya akım taşıdığı.
 - Bağlantı Verimliliği: LED'in ürettiği ışığın ne kadarının fototransistör ulaştığı.
 - Çalışma Koşulları: Sıcaklık gibi çevresel faktörler CTR değerini etkileyebilir.
- Transistörlerin sağlamlık testlerini, milimetrenizin diyot kademesini kullanarak kolayca gerçekleştirebilirsiniz.
 - Optokuplörün LED bacaklarını anod ve katot bulun. Multimeterin kırmızı probunu LED'in anoduna, siyah probunu katoduna bağlayın. LED sağlamsa, multimeter LED'in açma gerilimini gösterir genellikle 1.2V ila 1.8V arasındadır. Emitter-Collector arasında ise genellikle açık devre olması beklenir bu sebeple bir değer görmememiz gerekir.
 - LED'i doğru yönde besleyerek açık hale getirin. Multimeterin kırmızı probunu Fototransistörün kolektörüne, siyah probunu emiterine bağlayın. LED açıkken, fototransistör değer göstermeli (iletken); LED kapalıyken değer göstermemeli.
- Optokuplörlerin switching frequency, optokuplörün ne kadar hızlı bir şekilde açılıp kapandığını gösterir. Bu, sinyal geçişi sırasında optokuplörün ne kadar hızlı tepki verebileceği ve bir sinyalin iletilme sıklığını ne kadar iyi destekleyebileceği anlamına gelir. Optokuplörün anahtar frekansı, birim zamanda yapabileceği maksimum açma-kapama işlem sayısını ifade eder ve genellikle Hertz (Hz) cinsinden ölçülür.
- Optokuplerin maksimum çalışma gerilimi veya VRMS değeri, genellikle ürün özelliklerinde maksimum ters gerilim (reverse voltage) veya izolasyon gerilimi (isolation voltage) olarak belirtilir. Bu değer, optokuplerin güvenli bir şekilde çalışabileceği maksimum AC voltajını gösterir ve tipik olarak birkaç yüz volt ile birkaç bin volt arasında değişir.
- https://toshiba.semicon-storage.com/info/application_note_en_20180201_AKX00788.pdf?did=13438 belgeyi ve <https://electronicsbeliever.com/optocoupler-circuit-design-and-detailed-analysis/> makaleyi okuyabiliriz.

Voltage Regulator

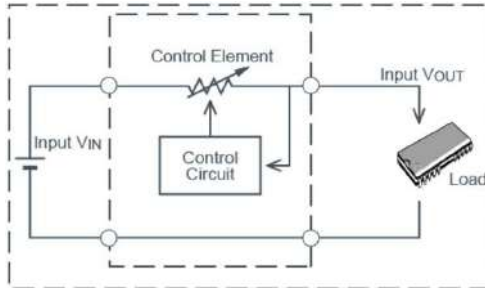
- Gerilimi sabitleyen bir DC/DC dönüştürücü genellikle bir gerilim regülatörü olarak adlandırılır.
- Regülatörler genellikle **çalışma prensiplerine** göre iki ana kategoriye ayrılır. Bunlar **Switching** ve **Linear** regülatörlerdir.
- Linkten <https://www.rohm.com/electronics-basics/dc-dc-converters/linear-vs-switching-regulators> detaylı bilgi edinebiliriz.

	Linear Regulator	Switching Regulator
Buck Boost Buck/Boost Inverting	Possible Impossible Impossible Impossible	Possible Possible Possible Possible
Efficiency	V_O/V_{IN} Mostly low	Approx. 95% Usually high
Output Power	Generally several watts Depending on thermal design	Large power possible
Noise	Low	Switching noise exists
Design	Simple	Complicated
BOM	Low count	High count
Cost	Low	Relatively high

- Voltaj regülatörü **seçerken** dikkate almanız gereken bazı önemli parametreler vardır. Bu parametreler, tasarımınızın istikrarlı ve güvenilir bir şekilde çalışmasını sağlamak için oldukça kritiktir.
 - Seçeceğiniz voltaj regülatörünün **çalışma aralığı gerilimi, çıkış gerilimi, çıkış akımı, sıcaklık aralığı, fiziksel boyutu** kapasitesi karşılayabilen bir voltaj regülatörü seçmelisiniz.
 - **Verimliliği**, kararlı olması ve **düşük gürültü** seviyelerine sahip olması önemlidir.
 - Kısa devre, aşırı ısınma, aşırı gerilim, ve ters polarite gibi koruma devreleri, regülatörün daha güvenilir olmasına yardımcı olabilir.
 - Regülatörün düzgün çalışabilmesi için giriş ve çıkış kapasitörleri seçimi ve bağlantısı da önemlidir.

Linear Regulator

- **Linear Regulator**, çıkışı düzenlemek için lineer bir bileşen (örneğin, bir direnç yükü) kullanılır.
- Lineer regülatörler giriş gerilimindeki değişikliklere karşı çıkarak belirli bir çıkış gerilimini sürdürmeye çalışan devre elemanlarıdır. Genellikle düşük güçlü uygulamalarda kullanılır. Basit tasarıma sahiptir ve genellikle düşük maliyetlidir. Giriş gerilimindeki değişikliklere karşı kararlıdır. Enerji verimliliği genellikle daha düşüktür, çünkü gereksiz enerjiyi ısı olarak dağıtırlar. Giriş-çıkış farkı (dropout voltage) yüksek olabilir. Sadece gerilim düşürülür, yükseltilmez.



Avantajlar;

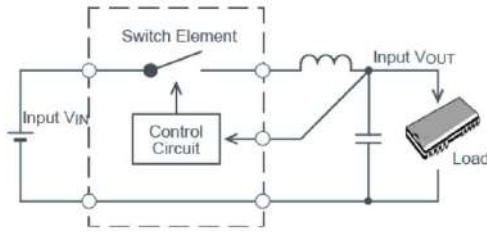
- Basit devre konfigürasyonu
- Az sayıda dış parça
- Düşük gürültü

Dezavantajlar;

- Nispeten zayıf verimlilik
- Önemli miktarda ısı üretimi
- Yalnızca buck işlemi

Switching Regulator

- **Switching Regulator**, gelen güç kaynağını darbeli bir gerilime dönüştürmek için bir anahtarlama elemanı kullanan bir gerilim regülatörüdür; ardından bu darbeli gerilim, kapasitörler, bobinler ve diğer elemanlar kullanılarak düzeltilir. Girişten çıkışa güç, Mosfet **açık** konuma getirerek sağlanır, istenen gerilime ulaşılan kadar devam eder. Çıkış gerilimi belirlenen değere ulaştığında anahtarlama elemanı **kapalı** konuma getirilir ve giriş gücü tüketilmez. Bu işlemi yüksek hızlarda tekrarlamak, gerilimi etkili bir şekilde sağlamayı ve daha az ısı üretmeyi mümkün kılar. Giriş-çıkış dropout voltage genellikle düşüktür. Daha karmaşık tasarım ve kontrol gerektirebilir. Elektronik gürültü üretebilirler.



Avantajlar;

- Yüksek verim
- Düşük ısı üretimi
- Boost/buck/negatif voltaj işlemi mümkün

Dezavantajlar;

- Daha fazla harici parça gerekli
- Karmaşık tasarım
- Artan gürültü

Devre Tasarımları

Elektronik devre tasarımı yapılırken dikkat edilmesi gereken başlıca noktalar şunlardır.

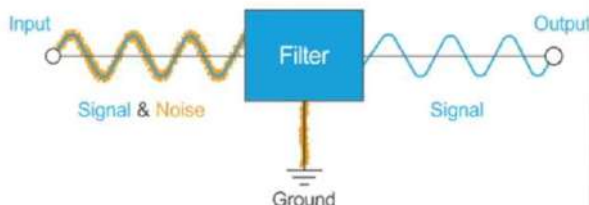
1. **Gereksinimlerin Belirlenmesi:** Devrenin amacı ve işlevleri netleştirilir. Hangi işlemleri yapacağı ve hangi giriş/çıkışları kullanacağı belirlenir.
2. **Bileşen Seçimi:** Devrenin verimliliği ve güvenilirliği için doğru bileşenlerin seçimi önemlidir. Teknik özellikler, maliyet, mevcudiyet ve uyumluluk dikkate alınır.
3. **Devre Şemasının Çizilmesi:** Fonksiyonel bir devre şeması, devrenin doğru çalışmasını sağlar. Şema, bileşenleri ve bağlantıları içerir.
4. **Güç Yönetimi:** Devrenin güç gereksinimleri belirlenir ve uygun güç kaynakları seçilir. Güç dağılımı ve yönetimi, devrenin stabil çalışması için önemlidir.
5. **Sinyal Bütünlüğü:** Yüksek frekanslı veya hassas sinyallerde, sinyal yolları düzgün tasarlanmalıdır. Geçit, crosstalk ve parazitler minimuma indirilmelidir.
6. **Termal Yönetim:** Bileşenlerin ürettiği ısı yönetilir. Isı dağılımı için soğutucular ve uygun PCB tasarımı kullanılır.
7. **Mekanik Tasarım:** Devre kartının boyutu, şekli ve montajı gibi mekanik özellikler ön planda tutulur.
8. **Test ve Doğrulama:** Tasarlanan devre, belirlenen gereksinimleri karşılıyor mu diye test edilir.
9. **EMI/EMC Uyumluluğu:** Elektromanyetik uyumluluk ve girişim dikkate alınır. Devre, diğer cihazlarla etkileşimi minimize edecek şekilde tasarlanır.
10. **PCB Tasarımı:** Devre elemanlarının fiziksel yerleşimi, iz genişlikleri ve katmanlar doğru tasarlanır. Bu, devrenin performansını ve dayanıklılığını artırır.

Power

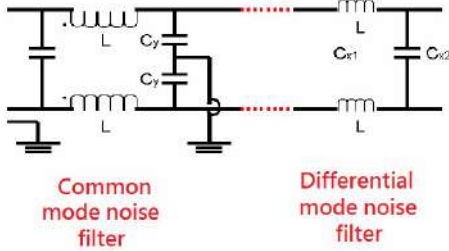
- <https://www.ahmetturanalin.com/gu%C3%A7kaynagitasarimindatemelilkeler> linkten güç kaynakların tasarımı hakkında yazılmış makeleyi okuyarak detaylı bilgi edinebiliriz.
- Elektronikte güç devreleri, elektrik enerjisini bir formdan diğerine dönüştüren devrelerdir. Dönüştürücü devreleri, elektrik enerjisini bir formdan diğerine çeviren veya dönüştüren elektronik devreleri ifade eder. Bu devreler, genellikle **DC-DC** dönüştürücüler, **AC-DC** dönüştürücüler, **DC-AC** dönüştürücüler ve **AC-AC** dönüştürücüler olarak sınıflandırılabilir.

Filter, Protection

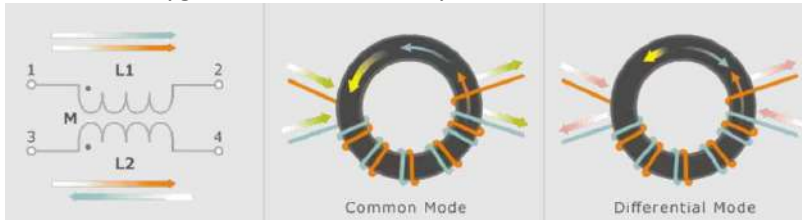
- Dönüştürücülerin güvenli ve verimli bir şekilde çalışabilmesi için **filtreleme** ve **koruma** önlemleri oldukça önemlidir. Bu filtreleme ve koruma önlemleri, dönüştürücülerin dayanıklılığını artırarak, istikrarlı bir şekilde çalışmalarını ve uzun ömürlü olmalarını sağlar. Ayrıca, bu önlemler, dönüştürücülerin diğer elektronik cihazlarla uyumlu bir şekilde çalışmasını da sağlar, çünkü elektromanyetik girişim ve diğer gürültülerin diğer cihazlara yayılması engellenir.



- **Elektromanyetik girişim (EMI)** filtreler, elektrik devrelerindeki elektromanyetik gürültüyü bastırmak veya istenmeyen elektromanyetik frekansta parazit sinyalleri önlemek için kullanılan bileşenlerdir.
- EMI filtresinin temel işlevi, istenmeyen elektromanyetik girişimlerin elektronik devreye girmesini önlemek veya çıkmasını engellemektir. Bu sayede elektronik cihazların daha güvenilir çalışmasını ve **elektromanyetik uyumluluğun (EMC)** sağlanmasını sağlar.
- <https://www.electronicproducts.com/all-about-emi-filters/>, <https://www.utmel.com/blog/categories/filters/emi-filter-introduction-functions-and-applications>, <https://www.emea.lambda.tdk.com/dk/faq/question/99> linklerden detaylı bilgi alabiliriz.
- EMI iki farklı yol ile oluşabilir. Bunlar, daha düşük frekanslarda (150 kHz – 80 MHz) **iletimden**; daha yüksek frekanslarda (80MHz – 1GHz) **radasyondan** kaynaklanır.
- EMI Filter devresi iki temel bileşen tipinden oluşur: Endüktans ve Kapasitör.
Endüktans, elektromanyetik gürültü, giriş bobini üzerinden geçerken, bobin endüktansına karşı dirençle karşılaşır ve bu, yüksek frekansta sinyallerin girişe geçişini sınırlar.
- **Kapasitör**, yüksek frekansta gelen gürültü sinyallerini toplayarak düşük frekansta engeller. Bu kapasitörler, yüksek frekansta gelen elektromanyetik girişimi toplar ve sonra bu enerjiyi topraklama hattına veya enerji kaynağına geri yönlendirir.
X tipi kapasitörler genellikle daha yüksek gerilimlere dayanıklıdır ve şebeke voltajına yakın uygulamalar için uygundur. Daha büyük kapasite değerlerine sahiptir.
Y tipi kapasitörler ise daha düşük gerilimlerde kullanılır ve özellikle filtreleme için tercih edilir. Güç hattı (faz ve nötr) ile toprak hattı arasında yer alır. Daha küçük kapasitelerde kullanılırlar.
- **Varistör**, bu filtreleme devresine eklenerek, aşırı voltajlara karşı bir katman ekler ve bu da sistemdeki diğer bileşenlere karşı koruma sağlar.

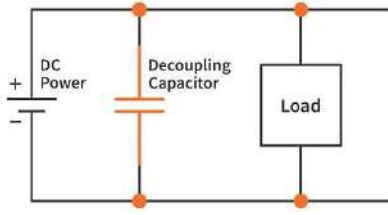


- Common mode filter ve diferansiyel mod filter, elektromanyetik uyumluluk (EMC) ve sinyal bütünlüğü sağlamak amacıyla elektrik devrelerinde kullanılan iki farklı filtre tipidir.
 - **Common Mode Filter**, devrelerde oluşan ortak mod sinyallerini (iki iletken üzerinde aynı anda meydana gelen eşit ve ters yönlü sinyaller) engellemek veya azaltmak için kullanılır. Genellikle bir endüktör ve bir kondansatör kombinasyonundan oluşur. Bu devre, ortak mod sinyallerini baskılayarak, sadece diferansiyel mod sinyallerinin geçmesine izin verir.
 - **Diferansiyel Mod Filter**, devrelerdeki diferansiyel mod sinyallerini (iki iletken arasındaki gerilim farkı) korumak için kullanılır. Bu tür filtreler genellikle sinyal bütünlüğünü artırmak ve dış girişimlere karşı direnç sağlamak için tercih edilir. Genellikle bir çift tel arasına yerleştirilen bir endüktör veya bir transformator ile gerçekleştirilir. Analog ve dijital sinyal hatlarında, iletişim sistemlerinde ve diğer hassas uygulamalarda diferansiyel mod filtreleri kullanılarak sinyal bütünlüğü sağlanabilir.



- Ortak mod filtreleri, parazitlerin ve elektromanyetik girişimlerin azaltılmasına yardımcı olurken, diferansiyel mod filtreleri sinyal bütünlüğünü korumaya odaklanır.
- <https://youtu.be/rAigRlcXyrg?si=zs8vwUd2D52h7vJK> linkteki videodan detaylı bilgi edinebiliriz.
- Coupling, Decoupling ve Bypass üç farklı türde kapasitelerdir ve her birinin belirli bir amacı vardır.
 - **Decoupling Capacitor** genellikle devrenizin güç kaynaklarında ve güç bölümlerinde kullanılır. Güç kaynağına ve yüke paralel olarak yerleştirilir. Bir devrede iki işleve sahiptir.

İlk işlevi yerel elektrik enerjisi deposu gibi davranır, ikinci işlev olarak AC gürültüsünü filtreler.



Devrelerde genellikle düşük frekansta enerji depolama için büyük elektrolitik kapasitörler, yüksek frekansta gürültü filtrelemesi için ise küçük seramik kapasitörler tercih edilir. Bu şekilde olmasının birkaç nedeni vardır.

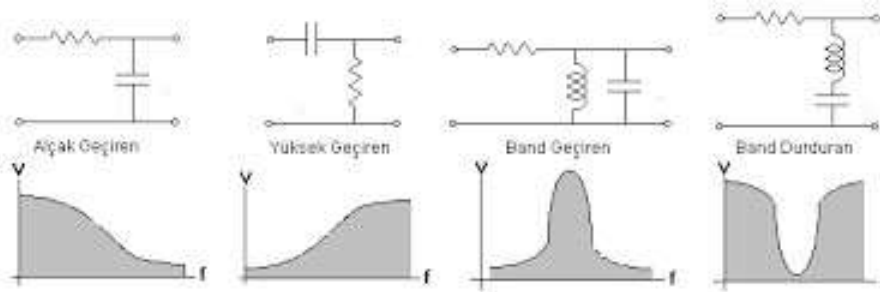
Bunlardan biri kapasitörlerin reaktansı frekansa bağlıdır. Yüksek frekansta, kapasitörün reaktansı düşer ve daha düşük kapasitörler, bu yüksek frekansta etkili bir şekilde çalışır. Düşük frekansta ise tam tersi durum olur.

Kapasitörün reaktansını hesaplamak için <https://chemandy.com/calculators/ac-networks/capacitor-inductor-and-resistor-in-series-calculator.htm> linki kullanabiliriz.

Bir diğer nedeni düşük kapasitörler, daha hızlı bir şekilde yüklenebilir ve boşaltılabilir.

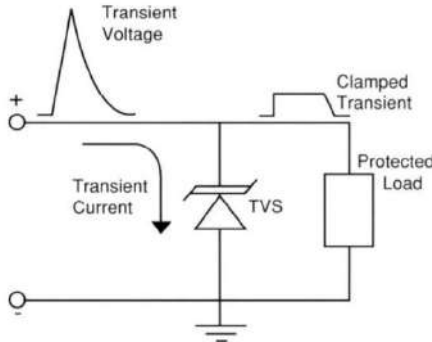
Yüksek kapasiteli kapasitörler daha fazla zaman alır ve bu tür hızlı değişimlere uygun değildir.

- **Bypass capacitors**, yüksek frekansta gürültüyü düşürmek ve devre üzerinde istenmeyen etkileri önlemek girişe gelen gürültüyü toplar ve bu gürültünün bileşenlere zarar vermesini veya istenmeyen etkilere neden olmasını önler.
- **Coupling capacitor**, iki devre veya bileşen arasında sinyal iletimini sağlar. Bunlar, istenmeyen DC bileşenlerini engellerken AC sinyallerin iletimine izin verir. Bunlar AC sinyalleri kısa devreler ve yüksek frekansta enerjiyi toplar. Genellikle aktif bileşenlerin (örneğin transistörler) güç beslemesi yakınında yerleştirilirler. Bu kapasitörler, yüksek frekansta bir amplifikatör veya sinyal işleme devresinin girişine veya çıkışına yerleştirilirler. Giriş tarafında, DC seviyesini ortadan kaldırırken sinyali aktarır; çıkış tarafında da aynı şeyi yapar.
- Detaylı bilgi için <https://www.circuitbread.com/ee-faq/what-is-the-difference-between-coupling-decoupling-and-bypass-capacitors> makaleyi okuyabilir ve <https://www.youtube.com/watch?v=KKjHZpNMeik> ile <https://www.youtube.com/watch?v=u40kX1DYKdA> videoları izleyebilirsiniz.
- Belirlenen frekansın altındaki frekansları geçirip üstündekileri zayıflatıyorsa **alçak geçiren filtre**, üstündekileri geçirip altındaki frekansları zayıflatıyorsa **yüksek geçiren filtre** denir. Belirli bir frekans aralığındaki frekansları geçiriyorsa **bant geçiren filtre**, frekans aralığını zayıflatıyorsa **bant durduran filtre** adı verilir
- <https://diyot.net/filtreler/> ile <https://www.ceyrekmuhendis.com/elektronik-filtre-devreleri/> linkten konu hakkında detaylı bilgi alabiliriz. <https://www.youtube.com/watch?v=RoZjN6CTFNQ> linkteki videoyu izleyebilirsiniz.



- **Ters polarite koruması** güç kaynağının ters bağlanması, kısa devre olması gibi durumlarda devrenin zarar görmemesi için kullanılır.
- Bu koruma için hazır devreler kullanabileceğiniz gibi basit yöntemler ile bu korumayı sağlayabilirsiniz, bu yazımızda; diyot, röle, sigorta gibi devre elemanlarını kullanarak bir koruma sağlayacağız.
- <https://devreyakan.com/ters-polarite-korunmasi-nedir/> ile <https://blog.turkiyeelektronik.com/2019/10/25/elektronik-devreler-ters-voltaidan-nasil-korunur/> link üzerinden konu hakkında detaylı bilgi edinebiliriz.

- **ESD koruma** devreleri bir elektronik devrenin veya PCB'nin ESD olaylarına karşı dayanıklı hale getirilmesi amacıyla tasarlanır. ESD olayları, statik elektriğin biriktirilmesi ve ani bir deşarj sonucunda elektronik bileşenlere zarar verebilecek yüksek voltajlı darbelerin oluşmasına neden olabilir. ESD koruma devreleri, bu tür zararları önlemek veya en aza indirmek için kullanılır.
- ESD koruma devrelerinin temel yapı taşları, ESD bastırma cihazlarıdır. Bu cihazlar, aniden yüksek voltajlı ESD deşarjlarını emerek veya dağıtarak devrenin zarar görmesini engeller. ESD bastırma cihazları arasında TVS diyotlar, çift yönlü TVS diyotlar, çekirdekli endüktörler ve ESD dirençleri bulunur.
- TVS diyot hakkında detaylı bilgi almak için <https://diyot.net/tvs-diyot/> ile <https://www.lentark.com/haber/46/tvs-diyotlar> linklerindeki makaleyi okuyabiliriz.
- Devrelerin enerji beslemesi katına paralel bağlanarak kullanılan, koruma amaçlı bir diyot'dur.
- Devreye çalışma geriliminin üzerinde bir voltaj geldiğinde kısa devre konumuna geçerek voltajı üzerine düşürür ve geçen akımı kendi üzerinde absorbe etmeye çalışır. Böylece yüksek voltajdan devrenin zarar görmesi engellenir.
- Doğru polarma altında normal bir diyot gibi davranırken, ters polarma altında farklı davranır. Ters polarma altındayken belli bir voltaja kadar akım geçirmez.
- Devreye çalışma geriliminin üzerinde bir voltaj geldiğinde kısa devre konumuna geçerek voltajı üzerine düşürür ve geçen akımı kendi üzerinde absorbe etmeye çalışır. Böylece yüksek voltajdan devrenin zarar görmesi engellenir.
- Örneğin 12V'luk bir TVS diyotu, 13V'luk bir ters polarma altında akım geçirmeye başlar, kısa devre etkisi yaratır. Bu etki uzun süre devam ederse Sigorta'nın atması beklenir.
- TVS diyotlar ters polarma altında görev yaparlar. Normal koşullarda TVS diyot'un anodu devrenin şasesine (-) bağlıdır.
- TVS diyotları tek veya çift yönlü olarak bulunmaktadır.
Genellikle DC uygulamalarda, kısa mesafeli veri hatlarında tek yönlü, AC uygulamalarda, uzun mesafeli veri hatlarında çift yönlü kullanılır.



- https://www.linkedin.com/posts/mustafaberkaydogan_argedeivme-argedeivme-teknoloji-activity-7123021259512107008-nM7Z/?utm_source=share&utm_medium=member_desktop linkten P Mosfet ile Test Polarite Koruma devresini inceleyebiliriz.
- Ferrit bead, bir elektrik devresinde elektromanyetik girişimleri (EMI) veya yüksek frekanslı girişimleri kontrol etmek için kullanılan bir eleman türüdür.

Isolation

- TL431 ve optokuplerler, genellikle güç kaynakları ve gerilim regülatörleri gibi devrelerde birlikte kullanılırlar. Buradaki temel amaç, yüksek izolasyon gereksinimine sahip bir uygulamada gerilim regülasyonu sağlamaktır. Bu iki bileşenin kombinasyonu, hem gerilim stabilizasyonu hem de galvanik izolasyon sağlar.
- Kullanımı
 - **Gerilim Referansı ve Karşılaştırma:** TL431, bir referans gerilim kaynağı ve karşılaştırıcı görevi görür. Gerilim seviyesi, TL431'in ayaklarına bağlı dirençler aracılığıyla ayarlanır. TL431'in referans voltajı, istenilen çıkış voltajına göre ayarlanır ve gerçek çıkış voltajıyla karşılaştırılır.
 - **Geribildirim Döngüsü:** Optokupler genellikle geribildirim elemanı olarak kullanılır. Devrenin çıkış voltajı, optokuplerin LED'ini aydınlatmak için kullanılır. Bu LED ne kadar parlak yanarsa, fototransistör o kadar çok akım geçirir.
 - **İzolasyon ve Güvenlik:** Optokupler, devrenin giriş (primer) ve çıkış (sekonder) tarafları arasında elektriksel izolasyon sağlar. Bu izolasyon, güvenlik standartları gereğince önemlidir ve kullanıcıyı potansiyel elektrik çarpmalarından korur.

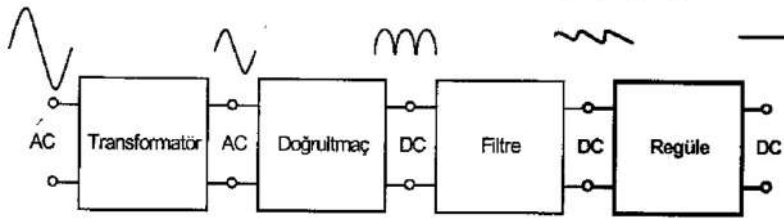
- **Regülasyon:** Çıkış voltajı istenen seviyenin üstüne çıktığında, TL431 devreyi “açar” ve optokuplerin LED'i daha az ışık yaymaya başlar. Bu, fototransistörün daha az akım geçirmesine ve dolayısıyla çıkış voltajının düşürülmesine neden olur. Eğer çıkış voltajı düşerse, TL431 “kapanır”, LED daha parlak yanar ve fototransistör daha fazla akım geçirerek çıkış voltajını yükseltir.
- Uygulamada Kullanım Senaryosu
 - Bir switch mode güç kaynağında SMPS, örneğin bir flyback dönüştürücüde, primer tarafındaki anahtarlama elemanı genellikle bir MOSFET ve sekonder taraftaki çıkış voltajı arasında izolasyon gereklidir. Bu izolasyon, primer ve sekonder taraflar arasında oluşabilecek herhangi bir potansiyel farkın izole edilmesini sağlar.
 - Bu yapılandırmada, TL431 çıkış voltajını referans voltajı ile karşılaştırır. Eğer çıkış voltajı istenenden düşükse, TL431'in anot-katot arasındaki direnç azalır ve optokuplerin LED'i daha parlak yanar, bu da sekonder taraftaki kontrol devresini düzeltilmesi gereken bir sapma olduğuna işaret eder. Buna göre kontrol devresi, primer taraftaki anahtarlama frekansını veya görev döngüsünü ayarlar, böylece çıkış voltajı tekrar istenen değere çıkarılır.
 - Bu tarz bir düzenleme, özellikle izole edilmiş güç kaynaklarında yaygındır çünkü hem yüksek verimlilik sağlar hem de kullanıcının güvenliğini artırır.

Thermal

- Elektronik devrelerde güç bileşenleri ısınır ve bu ısınma, performansı ve ömrü doğrudan etkiler. Bu nedenle uygun soğutma yöntemleri kullanılarak bileşenlerin güvenli çalışma sıcaklıklarında tutulması sağlanmalıdır.
 - **Isı Yönetimi Temelleri**
 - Güç bileşenlerinde ısınma kaynakları
 - Thermal Resistance kavramı
 - Isı transfer yöntemleri: İletim (Conduction), Taşınım (Convection), Işınım (Radiation)
 - **Soğutma Çözümleri**
 - **Pasif Soğutma:** Heatsink kullanımı, termal macun/pedler
 - **Aktif Soğutma:** Fan ve sıvı soğutma çözümleri
 - **PCB Üzerinde Termal Yönetim:** Termal via'lar, bakır dolgular, genişletilmiş pad tasarımı
 - **Isıl Kararlılık**
 - MOSFET, IGBT gibi anahtarlama güç elemanlarının termal performansı
 - Termal aşırı yük koruma mekanizmaları
 - Verimlilik ve ısı kaybı hesaplamaları

Converter

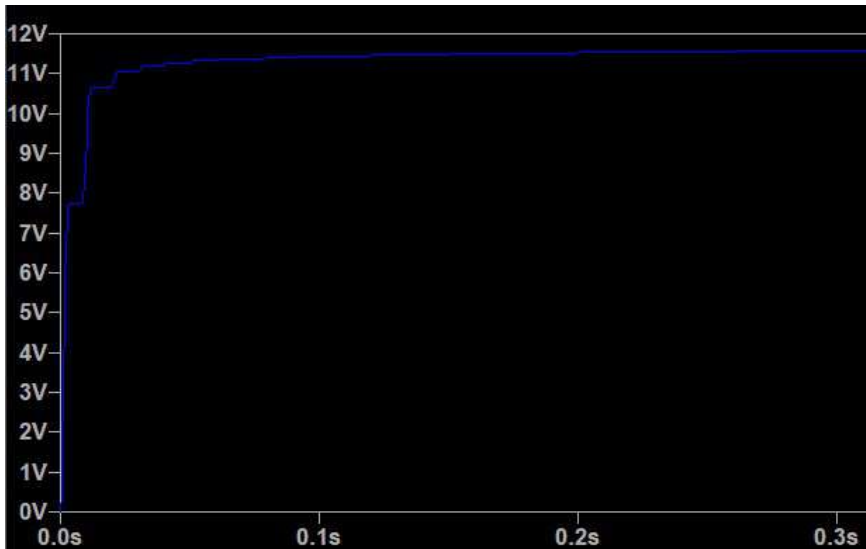
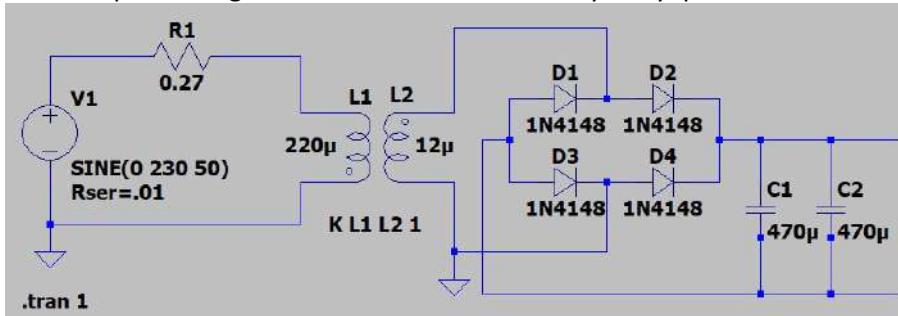
- Buck, Boost, Buck-Boost, Inverting ve Flyback dönüştürücü topolojileri, bir enerji depolama elemanı genellikle bir endüktör veya transformatör ve anahtarlama bir bileşen genellikle bir MOSFET kullanarak enerji transferini kontrol ederler.
 - **Buck Converter**, giriş gerilimini düşürerek çıkış gerilimini sağlar.
 - **Boost Converter**, giriş gerilimini artırarak çıkış gerilimini sağlar.
 - **Buck-Boost Converter**, giriş gerilimini hem düşürüp hem de artırarak çıkış gerilimini sağlar.
 - **Inverting Converter**, giriş gerilimini tersine çevirerek bir çıkış gerilimi üreten bir dönüştürücüdür.
 - **Flyback Converter**, enerjiyi bir transformatör kullanarak depolar ve daha sonra çıkışa ileten izoleli bir dönüştürücüdür. İzolasyon, geniş giriş gerilim aralığı, çıkış gerilimi düzenleme yetenekleri ve taşınabilir uygulamalarda kullanım kolaylığı gibi özellikleri nedeniyle birçok farklı uygulama alanında tercih edilirler. Flyback trafosu, bir tür anahtarlama güç kaynağı (SMPS) devresinde kullanılan özel bir trafo türüdür. Temel olarak enerji depolama ve gerilim dönüştürme işlevlerini yerine getirir. Flyback trafosunun çalışma prensibi, birincil sargı ve ikincil sargı adı verilen iki ayrı sargıdan oluşan bir manyetik çekirdeğe dayanır. Anahtarlama elemanı genellikle bir transistör veya MOSFET birincil sargıdan akım akışını kontrol ederek, ikincil sargıda istenilen gerilimi oluşturur.
- Güç kaynakları temelde Transformatör, Doğrultma, Filtre ve Regüle olmak üzere dört bölümden oluşur.



- **Transformatör**, AC giriş voltajını farklı bir AC gerilim seviyesine dönüştürmek için kullanılır. Genellikle gerilimi yükseltmek veya düşürmek için kullanılır. Ayrıca, izolasyon sağlayarak elektriksel güvenliği artırır.
- **Doğrultma Devresi**, transformatörden gelen AC voltajı DC voltaja dönüştürmek için kullanılır. Bu, yarıiletken diyotlar veya köprü doğrultucular kullanılarak gerçekleştirilir. Doğrultma, negatif yarı dalgaların ortadan kaldırılmasını ve DC çıkış elde edilmesini sağlar.
- **Filtre Devresi**, DC çıkış voltajındaki dalgalanmaları azaltmak veya ortadan kaldırmak için kullanılır. Bu devrede kondansatörler kullanılır ve DC voltajın daha pürüzsüz hale gelmesini sağlar. Böylece elektronik cihazlara istikrarlı bir güç sağlanır.
- **Regüle Devresi**, DC çıkış voltajını belirli bir düzeyde sabit tutmak için kullanılır. Bu, yük değişikliklerine veya giriş gerilimi dalgalanmalarına karşı koruma sağlar. Regüle edici devreler, Zener diyotları, transistörler veya entegre devreler gibi bileşenler kullanarak gerilim düzenlemesi yapar.
- <https://320volt.com/guc-kaynaklari/> , <https://diyot.net/guc-kaynagi/> ile https://www.afguven.com/depo/dersnot/bahar22/TemelElektronik/TelektronikDersnotu/05-guc_kaynaklari.pdf linkten konu hakkında yazılmış makalelerden göz atabiliriz.

Transformatörlü Doğrultucu

- LtSpice ile regüleden önceki kısmın simülasyonu yaptık sonucunda 12V elde ettik.



- 9 VAC'nin doğrultulduktan ve filtre edildikten sonra 12 VDC elde edilmesi sürecini adım adım inceleyelim. Bu durum, ilk başta kafa karıştırıcı gibi görünebilir çünkü AC voltajın tepe değeri, nominal değerinden daha yüksek olur ve bu işlemten sonra elde edilen DC voltaj, AC'nin tepe değerine yakın bir değerde olur.
 - **AC Voltajının Tepe Değeri**: Bir AC voltajının RMS (Root Mean Square) değeri, tepe değerinin $1 / \sqrt{2}$ (yaklaşık 0.707) katıdır yani tepe değer, RMS değerinin $\sqrt{2}$ (yaklaşık 1.414) katıdır.

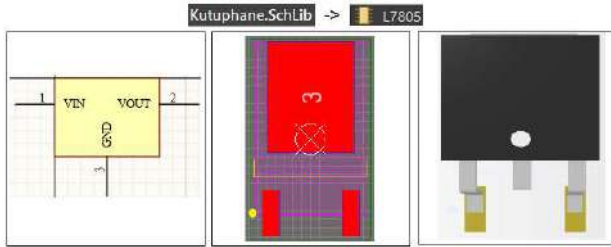
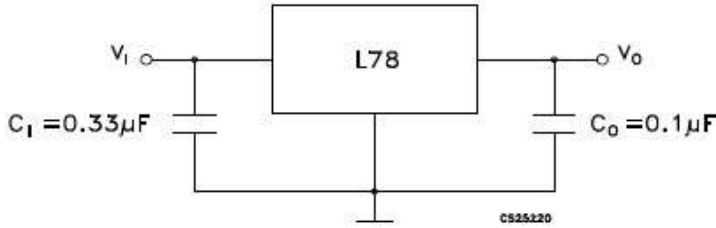
$$V_{peak} = 9V \times \sqrt{2} \approx 12.73V$$

- **Doğrultma İşlemi:** AC voltajının negatif yarısını pozitif yapar veya negatif yarı dalgayı tamamen yok sayar. Böylece sadece pozitif dalga kalır. Bu işlem için genellikle bir diyot köprüsü kullanılır.
- **Köprü Diyot Voltaj Düşüşü:** Köprü diyotu kullanıldığında, diyotların karakteristik voltaj düşüşü (genellikle diyot başına 0.7V) göz önünde bulundurulmalıdır. İki diyot her zaman seri halde olduğu için toplam voltaj düşüşü yaklaşık olarak 1.4V olur
 $V_{DC} \approx V_{peak} - 1.4V \approx 12.73V - 1.4V \approx 11.33V$
- **Filtreleme ve Voltaj Sabitleme:** Doğrultulmuş voltaj dalgalı bir DC voltajdır. Bu dalgalanmayı düzeltmek için genellikle elektrolitik kapasitörler kullanılır. Kapasitör, voltaj dalgalanmalarını düzleştirerek daha stabil bir DC voltaj sağlar. Ancak, doğrultulmuş voltajın tepe değerine yakın bir voltaj elde edilir.
- **Regülasyon:** Eğer çıkış voltajı olarak 12 VDC isteniyorsa ve doğrultulmuş voltaj bu değerin altındaysa, bir voltaj regülatörü devreye dahil edilebilir. Bu regülatör, kapasitörden gelen voltajı alıp sabit 12 VDC çıkışı sağlayacak şekilde ayarlar.

Bu adımlar, 9 VAC'nin nasıl 12 VDC'ye dönüştürülebileceğini açıklar. Buradaki anahtar nokta, AC voltajının tepe değerinin RMS değerinden yüksek olması ve uygun doğrultma, filtreleme ve regülasyon işlemleriyle istenen DC voltajın elde edilmesidir.

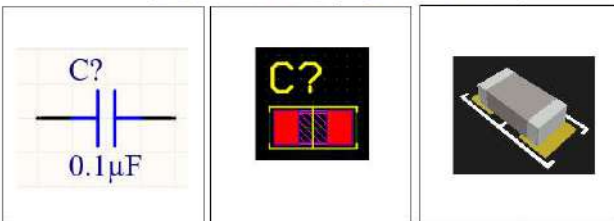
- Çevrimi transformatör olmadan yapmak istersek <https://www.mikrobotik.com/wp2/2019/01/04/transformersiz-guc-kaynaklari-transformerless-power-supply/> linkten makaleye göz atabiliriz. Ayrıca <https://www.youtube.com/watch?v=4Xz7kJ5tWs> linkteki videoyu izleyebiliriz.

L7805

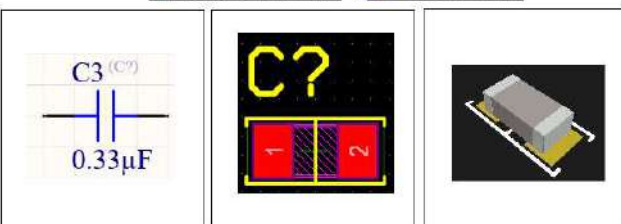


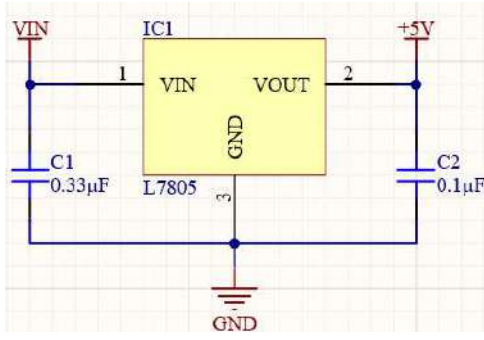
- Kondansatör seçerken voltajı olduğundan %20-30 seçmek daha doğrudur. Regülatörün çıkışına en fazla 35V uygulanabiliyor. Biz ikisi için 50V olanı seçiyoruz.

Capacitors - Ceramic - 1206 -> 1206B104M500CT

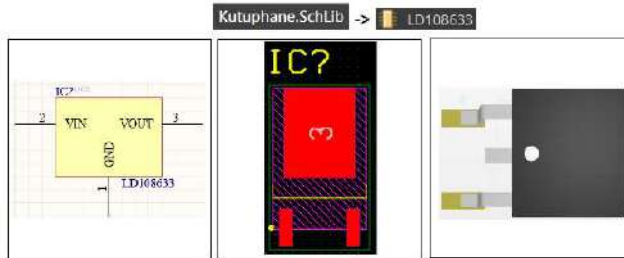
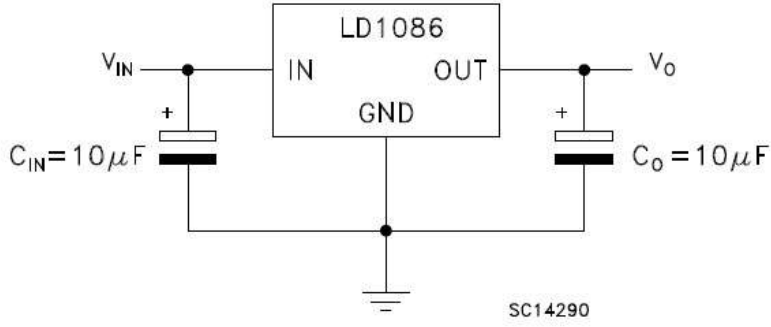


Capacitors - Ceramic - 1206 -> 1206E334MAT2A

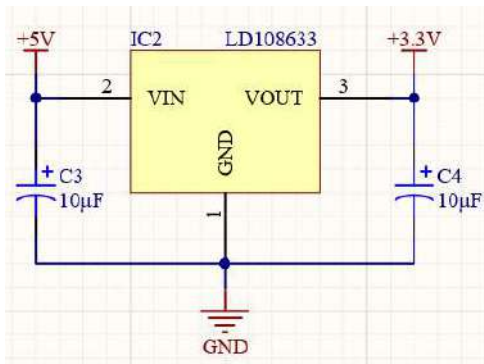
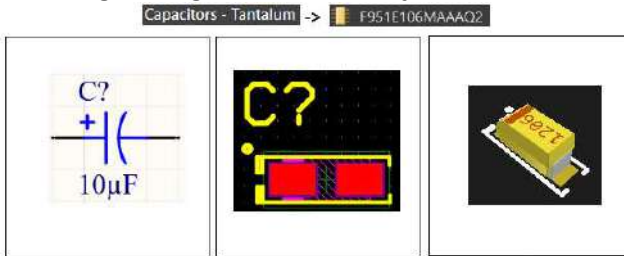




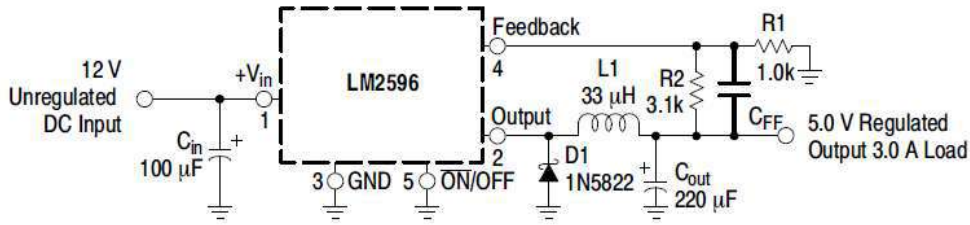
LD108633



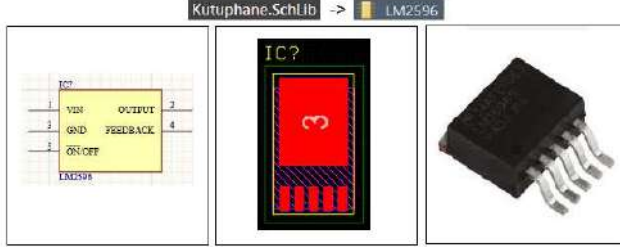
- Dropout gerilimi 1.3V yani çıkışında 3.3V görmek için girişine 4.6V vermen gerekiyor yani bu regülatör gerilimde 1.3V düşürücü bir etkisi var.



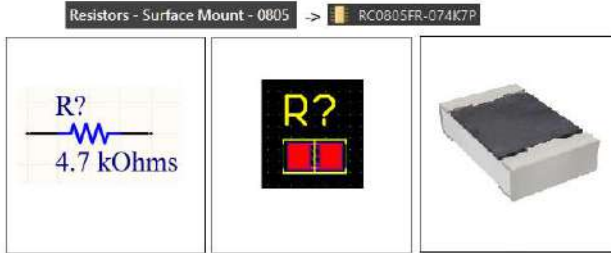
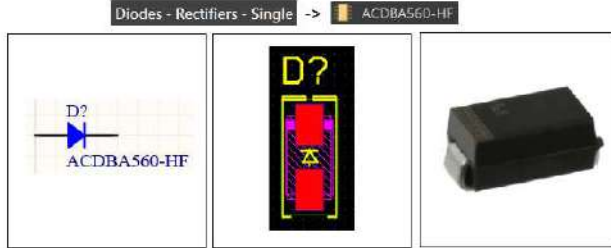
LM2596



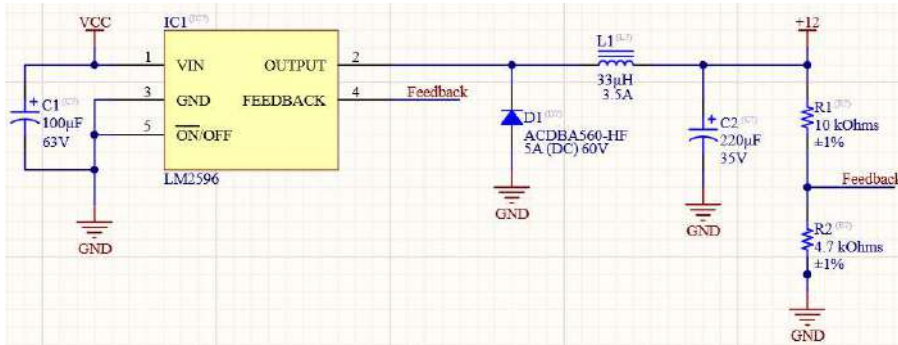
- Çıkışını istediğimiz gibi formüle göre ayarlayabiliriz.



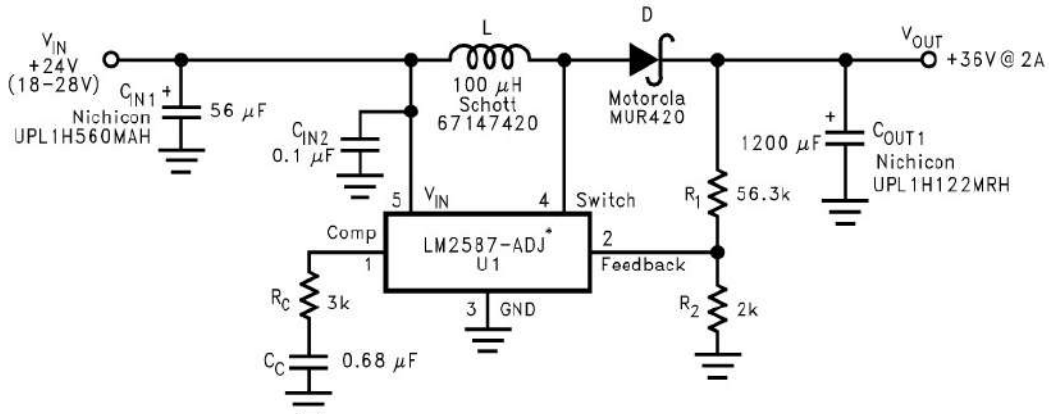
- Diody için Schottky ve 60V 5A olanı seçiyoruz.



- ON/OFF yazısındaki ON üzerindeki çizgi işareti bu pine 0 verdiğimizde ON aktif oluyor demektir.

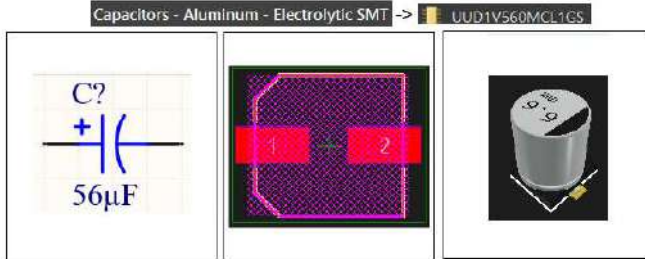


LM2587

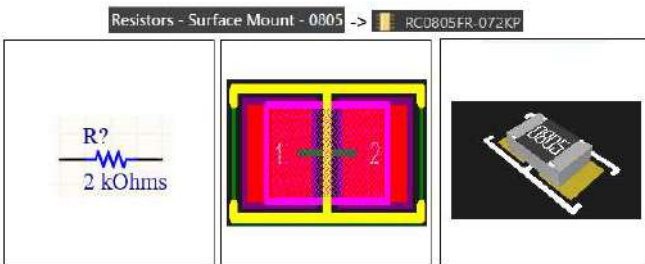
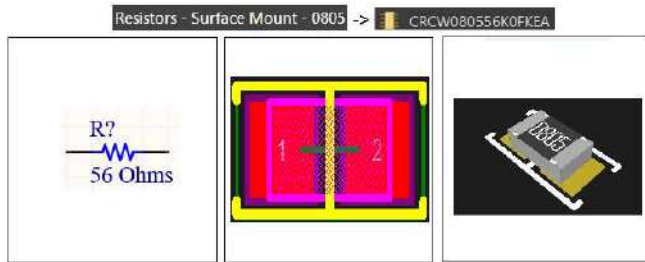
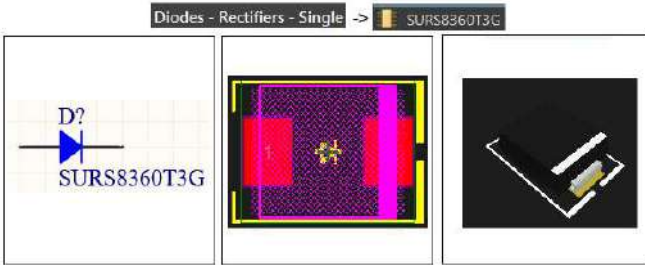




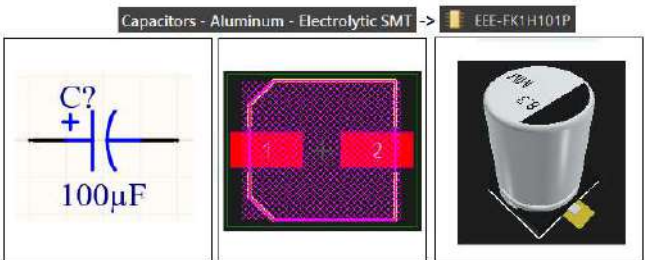
- Giriş voltajımız 18-28V arası olduğundan 35V kondansatör seçtik.



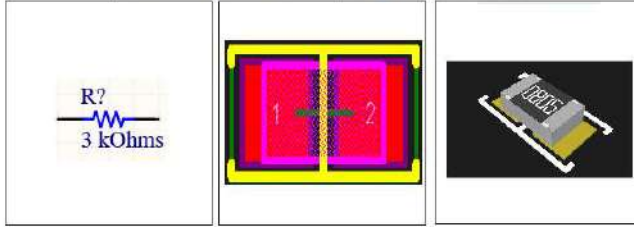
- Çıkış voltajımız 2A olduğundan 3A'lık diyot seçtik. 600V değeri var.



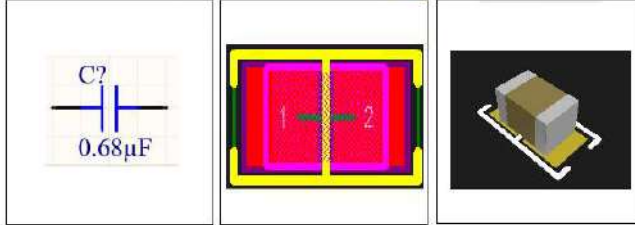
- Kütüphanede 200uF olmadığından bize en uygun olabilecek 100uF 50V kondansatör seçimi yaptık. Bundan toplamda iki adet kullanıp paralel yapacağız böylece 200uF elde edeceğiz.



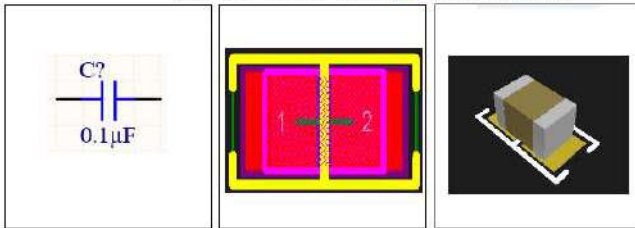
Resistors - Surface Mount - 0805 -> CR0805-1W-302ELF



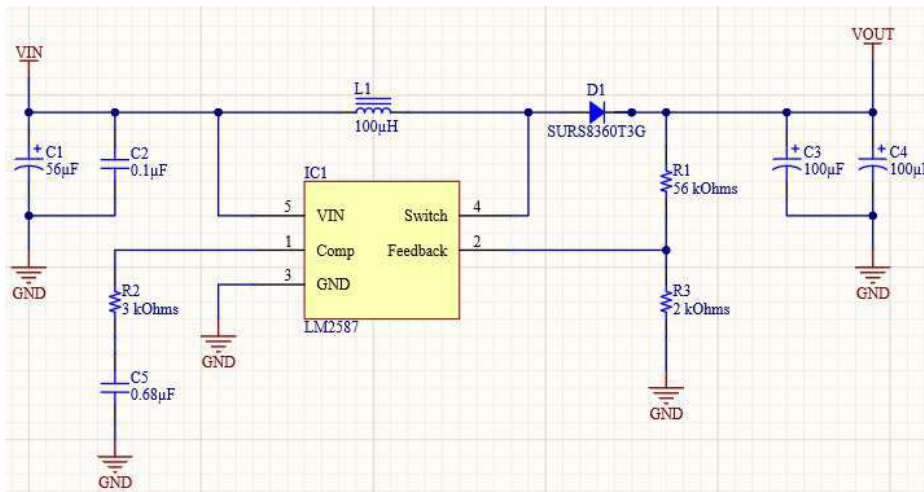
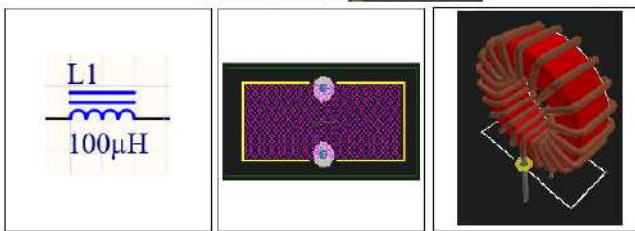
Capacitors - Ceramic - 0805 -> C0805X684K5RECAUTO



Capacitors - Ceramic - 0805 -> VJ0805Y104MXAMR



Inductors - Power -> SRR1280-101M

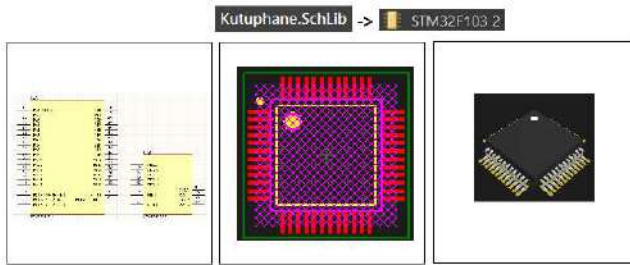


Microcontroller

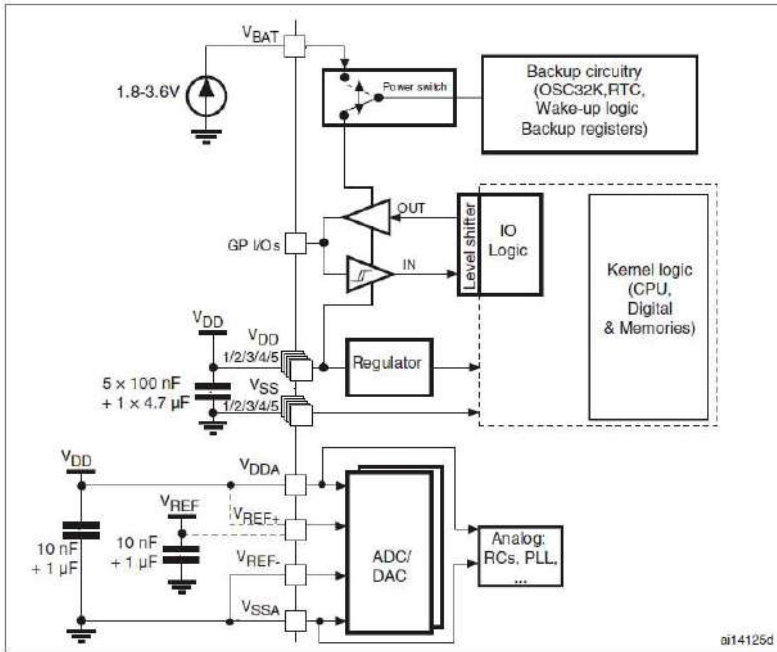
STM32

STM32F103C8

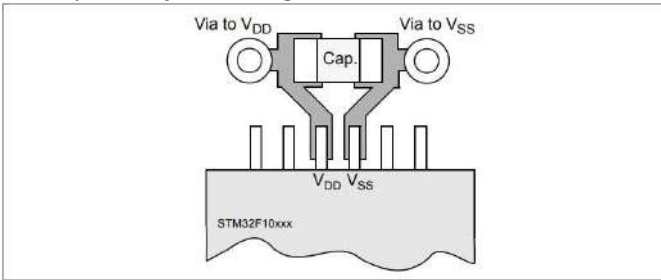
- İşlemci tasarımı yaparken ST'nin işlemciler için ayrı ayrı yayımladığı donanım hakkındaki kitapçığa STM32F10xxx için https://www.st.com/resource/en/application_note/an2586-getting-started-with-stm32f10xxx-hardware-development-stmicroelectronics.pdf linkten ulaşabiliriz.



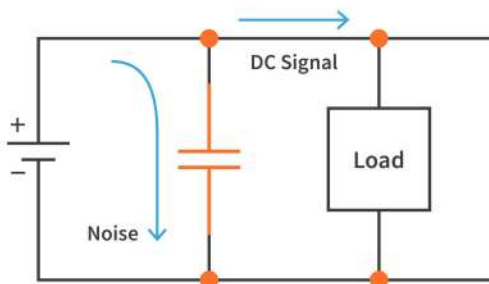
- İşlemcinin datasheet'inden aşağıdaki Power şemasına baktığımızda VSS'ler direk GND'ye bağlanmalıdır.
- VDD 1/2/3 100nF kondansatör ile GND'ye bağlanmalı. Bu tablo için VDD3'ün 4.7uF ile bağlanması gerektiğini söylüyor.
- VBAT ise harici batarya olarak bağlanan ikinci besleme piline bağlanabilir. Eğer ikinci besleme pini bağlanmayacaksa 100nF kondansatör bağlanabilir.
- Biz ikinci besleme pini bağlamayacağımızdan VBAT 100nF kondansatör bağlanmalı.
- VDDA için 10nF ve 1uF kondansatör bağlanmalı.



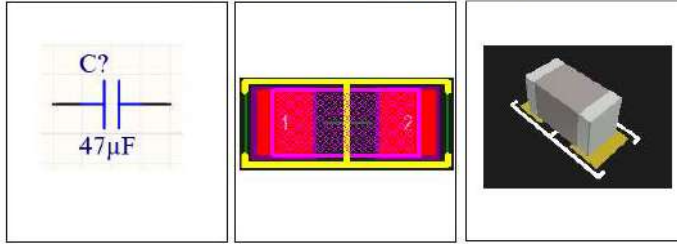
- Bu kullandığımız kapasitörler decoupling ya da bypass olarak geçmektedir.
- Decoupling kapasitörleri, bir DC güç kaynağında gürültünün temizlenmesi için güç kaynağına paralel şekilde bağlanarak kullanılmaktadır. Mümkün olduğunca entegreye yakın olmalıdır.



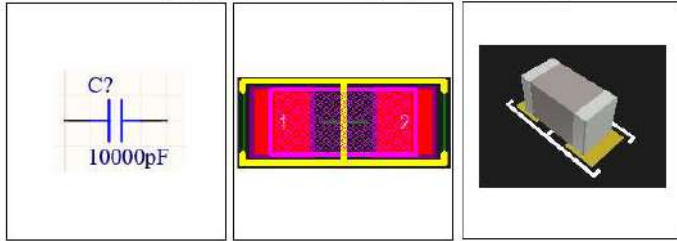
- Bu konu hakkında ayrıntılı bilgi almak için <https://alpelectronics.se/decoupling-kondansatoru-olsa-ne-olur-olmasa-ne-olur/> ve <https://www.circuitbread.com/ee-faq/what-is-the-difference-between-coupling-decoupling-and-bypass-capacitorslinkteki> yazıyı okuyabiliriz.



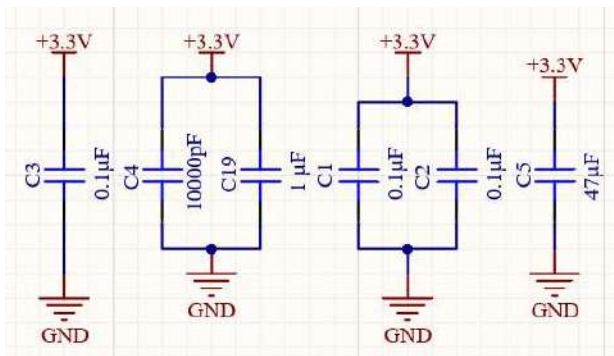
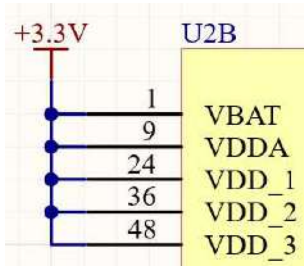
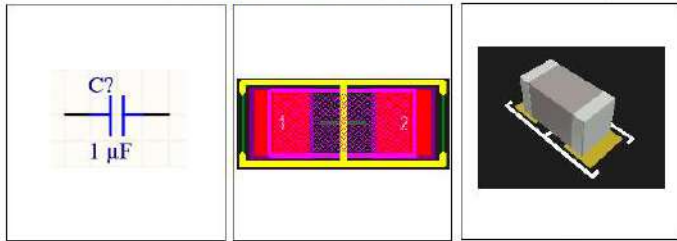
Capacitors - Ceramic - 1206 -> 12066D476MAT2A



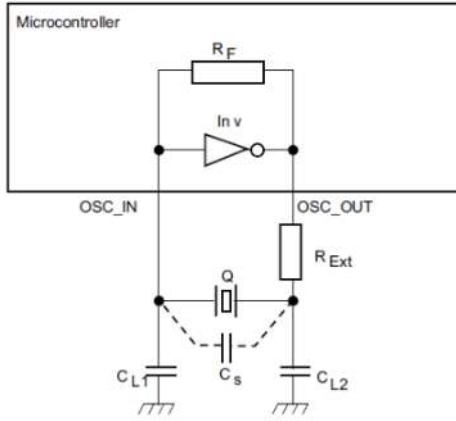
Capacitors - Ceramic - 1206 -> 12065C103K4T2A



Capacitors - Ceramic - 1206 -> C1206X105K3RAC3316



- Osilatör seçimi için <https://ozdisan.com/pasif-komponentler/kristaller-osilatörler-ve-rezanatörler/kristaller/RH100-8-000-12-5-20150-E> linkteki ürünü kullanıyoruz.
- Osilatör ile ilgili yazıyı inceliyoruz. <http://www.mehmetalikucuk.com/dersler/altium-designer-dersleri-7-osilatör-secimi/>
- Osilatör devrelerini uygun bir şekilde kurduğumuzda bize çıkış olarak sinüs işareti verirler. Biz de bu işareti gerek haberleşme için taşıyıcı işareti olarak, gerek ise kare dalgaya dönüştürerek gömülü sistemlerde clock işareti olarak kullanırız.
- Genel olarak gömülü sistemlerde aşağıda görülen "Pierce Oscillator" devresi kullanılır.



- Inv: Yükselteç gibi çalışan dahili evirici

Rf: Geribesleme direnci

Q: Quartz kristali

CL1, CL2: Yük kondansatörleri

Rext: Eviricinin çıkış akımını sınırlamak için kullanılan direnç

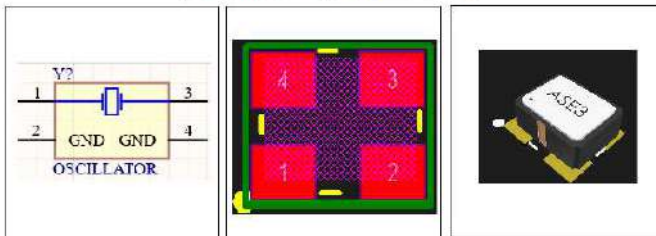
Cs: PCB ve mikrodeneleyici pinlerinin toplam stray kapasitesi

- Inv ve Rf mikrodeneleyicinin içerisinde bulunmaktadır. Bizim belirlememiz gereken elemanlar bunların dışında kalanlardır. İlk olarak kristal seçimimizi işlemcinin istediği osilatör frekansına göre seçiyoruz. 8 MHz frekanslı bir kristal seçtik.
- Daha sonra aşağıdaki formül yardımıyla CL1, CL2 yük kapasitelerini hesaplıyoruz.

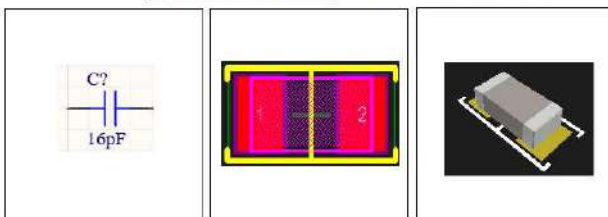
$$C_{L1} = C_{L2} = 2(C_L - C_S)$$

- Burada CL kristalimizin yük kapasitesidir. Değerini datasheet dosyasından 12.5 pF olarak görüyoruz.
- CS değeri ise yukarıda belirttiğimiz gibi kristal pinlerinden, mikrodeneleyici pinlerine kadar olan yolların kapasitesi gibi stray kapasitelerin toplamıdır. Bu değer genellikle 3 – 8 pF aralığında değişmektedir. Eğer işlemci ile kristal arasındaki yol uzun ise seçeceğimiz değer 8 pF'a yakın olmalıdır, ancak bu mesafeyi olabildiğince kısa tutmanız clock işaretinin gürültülerden olabildiğince az etkilenmesini sağlayacaktır.
- Tasarımımız için stray kapasitesini 4,5 pF alırsak, yük kapasitelerini hesapladığımızda 16 pF buluyoruz.
- Osilatör için RH100-8.000-12.5-20150-E kodlu komponenti yukarıdaki şematiğe uygun çiziyoruz.
- Detaylar için http://nic.vain.icu/PDF/STMicro/ARM/Oscillator_design_guide.pdf linkteki pdf ineleyebiliriz.
- İşlemci için osilatör ekliyoruz. Önceden kapasite hesabı yapmıştık ve 16pF olarak bulmuştuk.

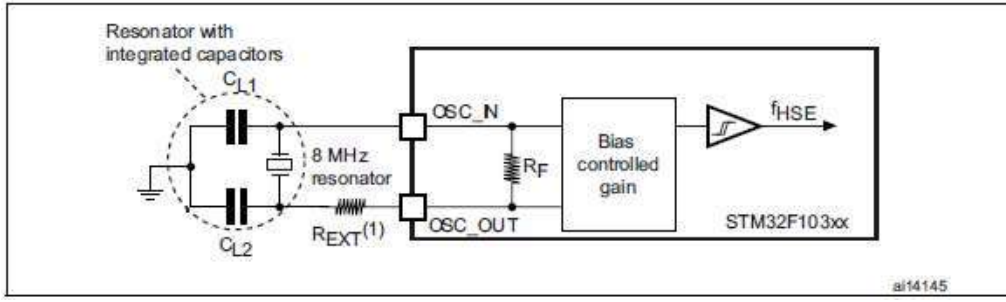
Kutuphane.SchLib -> OSCILLATOR



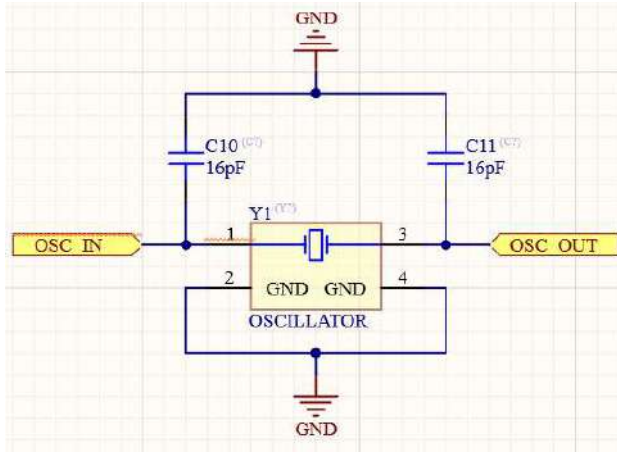
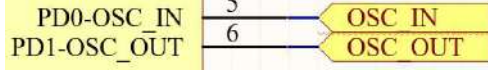
Capacitors - Ceramic - 1206 -> C1206C160J5GAC7800



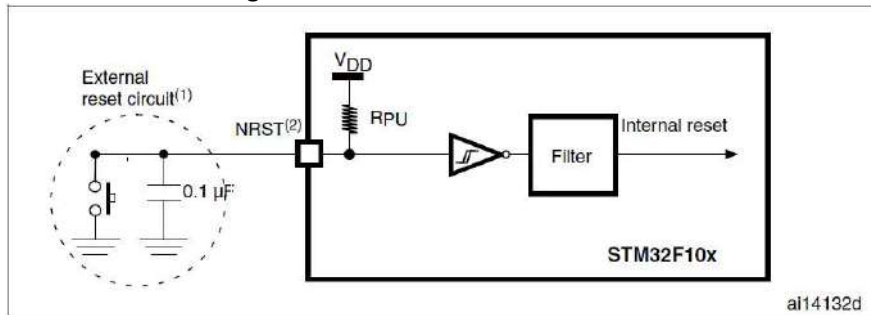
- Osilatörü aşağıdaki gibi bağlıyoruz.



- OSC32_IN ile OSC32_OUT pinlerine bağlamıyoruz. Bunlar 32kHz olduğundan eğer düşük güç tüketimi yapmak istiyorsak kullanabiliriz bunun dışında pek kullanılmazlar. Biz de düşük güç tüketiminde kullanmadığımızdan bu pinler yerine OSC_IN ile OSC_OUT kullanıyoruz.

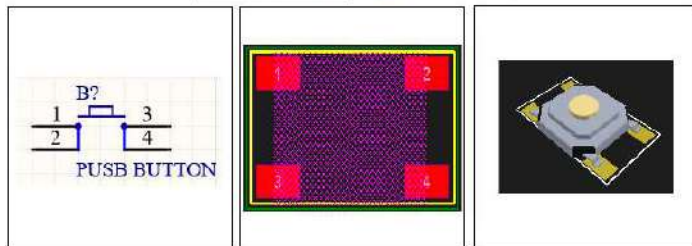


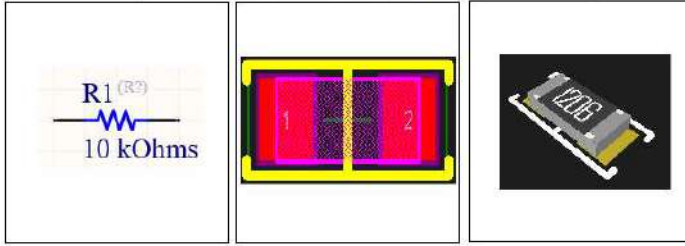
- Port kullanımı şematikler arası geçiş yapmamıza olanak sağlıyor fakat Net Label kullandığımızda yapamıyoruz.
- NRST pini aşağıdaki gibi bağlanır.
- Bu pinin amacı bu pine bağlı butona bastığımızda işlemcinin hafızasını sıfırlar.
- NRST ucuna 0 verilecek şekilde buton tasarımı yapıyoruz yani butona basıldığında 1 verilecek, butona basılmadığında 0 verilecek.



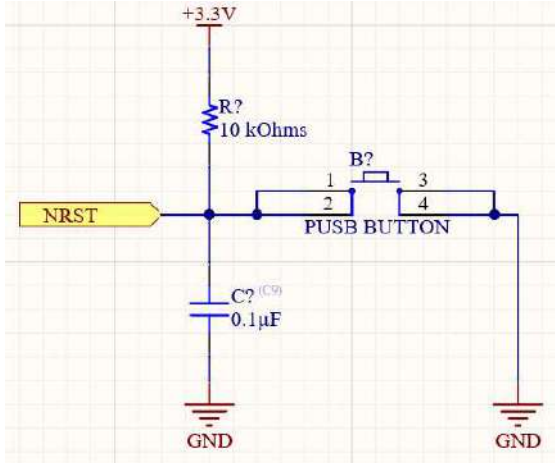
- Komponentin kütüphanesini başka kütüphaneden alırken hem şematik hem de pcb tarafta direk dosyayı kopyalayıp yapıştırarak da yapabiliriz.

Kutuphane.SchLib -> PUSB BUTTON



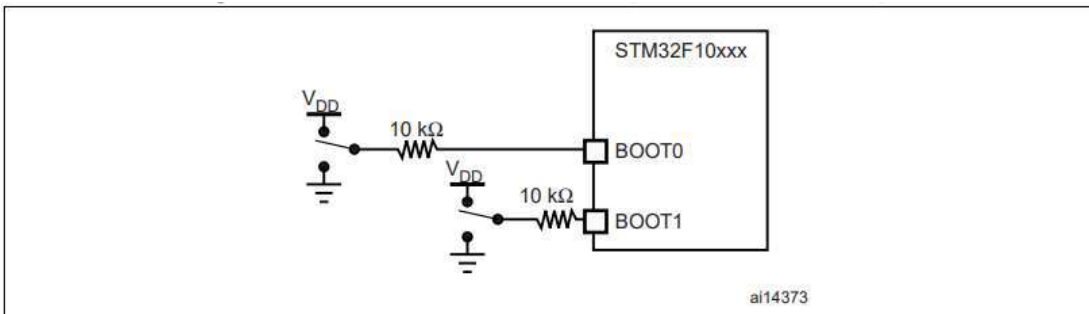


- Devreye ekstra pul-up direnci bağladık. Normalde işlemci içerisinde bağlanıyor fakat yine de biz de bağladık.

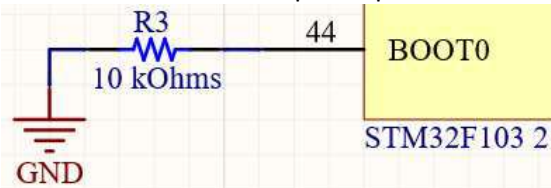


- STM32 mikrodnetleyicilerinde, BOOT0 ve BOOT1 pinleri, başlangıç ayarlarını kontrol etmek için kullanılan pinlerdir. Bu pinler, mikrodnetleyicinin başlatma modunu belirlemek için kullanılır.
- <https://dogankayadelen.medium.com/stm32f4-boot-mod-seçimi-623721fdbd7f> linkte BOOT pini seçimi hakkında yazılmış yazıya göz atabiliriz.

BOOT mode selection pins		Boot mode	Aliasing
BOOT1	BOOT0		
x	0	Main flash memory	Main flash memory is selected as boot space
0	1	System memory	System memory is selected as boot space
1	1	Embedded SRAM	Embedded SRAM is selected as boot space



- Biz sadece BOOT0 pinine pul-down direnç bağladık.



Module

Communion

MAX232

- MAX232, TTL (Transistor-Transistor Logic) mantık seviyeleri ile RS-232 seri haberleşme arasında

çeviri yapmak için kullanılan popüler bir entegre devredir. RS-232, eski tür seri haberleşme protokolüdür ve genellikle bilgisayarlar ve çevre birimleri arasında veri iletimi için kullanılır. TTL mantık seviyeleri ise genellikle 0 V ve 5 V arasında değişirken, RS-232 standardında sinyal seviyeleri -25 V ile +25 V arasında değişebilir. Bu farklılık, doğrudan bir TTL cihazının RS-232 portuyla haberleşmesini engeller.

- MAX232, bu iki farklı sistem arasında veri akışını sağlamak için içinde yükseltici ve indirgeyici gerilim dönüştürücüler barındırır. Genellikle bu entegre, bir mikrodenetleyici ile bir PC'nin seri portu arasında veri iletimi yaparken kullanılır.
- Özellikleri
 - **Gerilim Dönüşümü:** TTL seviyeleri 0V ile 5V arasındayken, RS-232 seviyeleri -25V ile +25V arasında değişebilir. MAX232, bu iki farklı gerilim seviyesi arasında çeviri yapar.
 - **Kapasitör Kullanımı:** Entegre, gerilim çevirici olarak çalışması için genellikle dört adet harici kapasitör gerektirir.
 - **İki Yönlü İletişim:** Tipik olarak iki adet TTL'den RS-232'ye, iki adet de RS-232'den TTL'ye çeviri kanalı sağlar.
 - **Güç Beslemesi:** Genellikle 5V ile çalışır.
- Devre Şeması
 - Basit bir MAX232 bağlantı şeması genellikle şunları içerir:
 - TTL giriş/çıkış pinleri
 - RS-232 giriş/çıkış pinleri
 - Gerekli besleme voltajı
 - Elektrolitik kapasitörler (gerilim çevirme işlemi için)
 - TTL Girişi (T1in) ve TTL Çıkışı (R1out), mikrodenetleyici ile iletişim için TTL giriş ve çıkışlarını temsil eder.
 - RS-232 Çıkışı (T1out) ve RS-232 Girişi (R1in), RS-232 çıkış ve girişlerini temsil eder ve genellikle bir bilgisayarın seri portuna bağlanır.
 - MAX232'nin voltaj dönüşüm fonksiyonları için gerekli olan iki adet 1µF kapasitör içerir.

MAX485

- MAX485, RS-485/RS-422 standartlarına uygun olarak tasarlanmış yarı çift yönlü bir diferansiyel veri iletim entegresidir. Bu entegre, genellikle uzun mesafeler üzerinden düşük hızlarda veri iletimi yapmak için kullanılır. RS-485 haberleşme, birçok endüstriyel uygulamada tercih edilir çünkü elektriksel gürültüye karşı oldukça dirençlidir ve birden fazla alıcıya veri gönderme yeteneği sağlar.
- Özellikleri
 - **Voltaj Aralığı:** 5V besleme voltajı kullanılır.
 - **Diferansiyel Veri İletimi:** Diferansiyel çiftler üzerinden veri iletimi yaparak elektriksel gürültüden kaynaklanan hataları azaltır.
 - **Yarı Çift Yönlü İletişim:** Aynı anda veri gönderimi ve alımı yapabilme özelliği.
 - **Çoklu Bağlantı:** Bir RS-485 hattına 32 adete kadar cihaz bağlanabilir.
 - **Düşük Güç Tüketimi:** Düşük güç modları mevcut, bu da enerji verimliliğini artırır.
- Devre Şeması
 - Bu devre, bir mikrodenetleyici, MAX485 entegresi ve bir RS-485 hat bağlantısı içerecektir.
 - **MAX485 Entegresi:** RS-485 haberleşme standardına uygun diferansiyel sinyaller üretir. Aynı zamanda veri alımı ve gönderimi yapabilir.
 - **Mikrodenetleyici:** Haberleşme için veri sağlar ve MAX485'ten gelen verileri işler.
 - **RS-485 Otobüsü:** Çok noktalı haberleşme için kullanılan otobüstür. Bu otobüs üzerinden birden fazla cihaz haberleşebilir.
 - Devrede, MAX485'ten çıkan TX/RX hatları mikrodenetleyici ile bağlantılıdır ve RS-485 haberleşme hattına doğrudan bağlanır. VCC ve GND bağlantıları ile güç sağlanmaktadır. Bu devre, endüstriyel otomasyon sistemleri gibi uygulamalarda kullanılabilir.

Integrated Circuit

ACS712

- ACS712, Hall etkisi prensibini kullanarak akım ölçümü yapabilen bir akım sensörüdür. Bu sensör, Allegro MicroSystems tarafından üretilmiştir ve özellikle elektronik uygulamalarda akımı hassas bir şekilde ölçmek için tasarlanmıştır. Hall etkisi, bir iletken üzerinden akım geçerken manyetik alanın etkisiyle iletken içindeki yük taşıyıcıların yön değiştirmesini ve bu değişiklikten ötürü bir

voltaj farkının oluşmasını ifade eder.

- **Özellikleri**

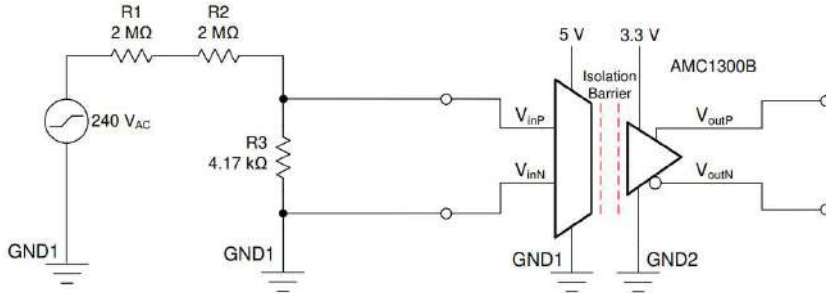
- **Çalışma Prensibi:** Geçen akımın oluşturduğu manyetik alanı algılayarak, bu bilgiyi bir voltaj sinyaline çevirir.
- **Akım Ölçme Kapasitesi:** Sensör, farklı model seçenekleri ile ± 5 A, ± 20 A ve ± 30 A akım aralıklarını ölçebilir.
- **Çıkış Voltajı:** Akım sıfırken orta nokta çıkış voltajı genellikle 2.5V'tur (5V besleme voltajı altında). Çıkış voltajı, akımın yönüne ve büyüklüğüne bağlı olarak bu değer etrafında artar veya azalır. Bunu için **Output Voltage and Sensed Current** grafiğine bakmamız gerekir.
- **Hassasiyet:** Modeline bağlı olarak değişir; örneğin, ± 5 A modeli için yaklaşık 185 mV/A hassasiyete sahiptir.
- **Çalışma Voltajı:** Genellikle 4.5V ile 5.5V arasında bir besleme voltajı ile çalışır.
- **Sıfır Akım Çıkış Voltajı:** Akım sıfırken orta nokta voltajı genellikle 2.5V.
- **Band Genişliği:** Yaklaşık 5 μ s tepki süresi ile hızlı akım değişimlerini ölçebilir.

- **Devre Şeması**

- ACS712 sensörünü kullanarak basit bir akım ölçüm devresi tasarlayalım. Bu devre, ACS712'den gelen voltajı okuyacak ve bir mikrodenetleyici aracılığıyla işleyecektir. Ayrıca devrede, sensörden çıkan analog sinyalin dijital bir değere dönüştürülmesi için bir ADC (Analog-Digital Converter) bulunacaktır.
- Bu devrede, ACS712 sensöründen gelen analog çıkış, ADC üzerinden mikrodenetleyiciye iletilir. Mikrodenetleyici, bu veriyi okuyup işleyerek akımın ne kadar olduğunu tespit edebilir. Sensör, genellikle 2.5V çıkış voltajından başlar ve akım arttıkça veya azaldıkça bu voltaj yükselir veya düşer. ADC, bu analog voltajı ölçerek mikrodenetleyicinin anlayabileceği dijital bir değere dönüştürür.

AMC1200

- İzole amplifikatörler, elektriksel izolasyonun gerekli olduğu ortamlarda güvenli ve doğru ölçüm yapmayı sağlayan kritik bileşenlerdir. Bu amplifikatörler, giriş ve çıkış aşamaları arasında elektriksel izolasyonu koruyarak sinyalleri iletmek için tasarlanmıştır.
- Çalışma Prensibi:
 - İzole amplifikatörler, sinyalleri bir izolasyon bariyerinden iletmek için optik, manyetik veya kapasitif bağlantı tekniklerini kullanır. Bu yöntemler doğrudan elektriksel bağlantı olmadan galvanik izolasyon sağlar.
- Kullanım Alanları:
 - **Yüksek Gerilim Ölçümü,** güç sistemleri veya elektrikli araç bataryalarındaki gerilimin ölçülmesi.
 - **Akım Algılama,** motor sürücülerinde veya enerji ölçerlerde şönt dirençlerle akım ölçümü.
 - **Endüstriyel Otomasyon,** gürültülü endüstriyel ortamlarda sensör sinyallerinin izolasyonu.



Trigger

Optokuplör ile Mosfet/Röle/Triyak Kontrolü

Optokuplörlerin, genellikle yüksek güçlü yükleri kontrol etmek için kullanılırken mikrodenetleyici veya diğer hassas devrelerin elektriksel olarak izole edilmesini sağlar. Optokuplerler, genellikle MOSFET'ler, röleler ve triyaklar ile birlikte kullanılır:

- **Devre Tasarımı**

Bir optokuplör kullanarak bu yüklerin kontrolü için tasarlanmış devreler, genellikle aşağıdaki bileşenleri içerir:

- **LED (Işık Kaynağı):** Optokuplörün tetiklemek için kullanılır.
- **Fototransistör/Fototriyak:** LED'den gelen ışığı algılar ve çıkış sinyalini sağlar.
- **Kontrol Devresi:** Mikrodenetleyici veya başka bir kontrol elemanı.

- **Yük:** MOSFET, röle veya triyak aracılığıyla kontrol edilen yük.
- Bu devreler, yüksek voltajlı ve yüksek akımlı ortamlarda güvenlik sağlamak için mükemmeldir, çünkü optokuplerler tam elektriksel izolasyon sunar. Optokuplerler sayesinde, kontrol devresi yüksek güç yüklerinin neden olduğu istenmeyen elektriksel gürültü ve gerilim dalgalanmalarından korunmuş olur.