

TEMEL ELEKTRONİK ELEMANLAR

Burada en yaygın kullanılan elektronik elemanlar olan diyotlar ve transistörler kısaca tanıtılacaktır. Entegre devre (IC = *integrated circuit*) denilen elemanlar, mikroişlemciler vb. hep bu gibi temel elemanlardan çok sayıda, belki milyarlarca kullanılarak elde edilir.

Yarı iletken ve katkılanmış yarı iletken

Başlıcaları silisyum (Si = *silicon*) ve germanyum (Ge) olan yarı iletkenler, doğal halleriyle iletkenliği orta dereceli malzemelerdir. Atomlarının son yörüngelerinde 4 elektron olduğu için her biri komşu dört atomla bağ yaparak kristal halinde bulunurlar. Bağ elektronlarından bir kısmı ısı, ışık gibi etkilerle atomlardan koparak kristal içinde serbest halde dolaşır. Bunlara serbest elektron (e^-) denir. Koptuğu atomun değerlik bandında da bir elektronluk boşluk (h^+ = hol) oluşur. Aslında holler artı yüklü değildir. Ama komşu bir atomun değerlik bandından bir elektron bu hole yerleşirse, hol o atoma kaymış olur. Yani elektron akımının tersi yönde artı yüklerin akımı varmış gibi hesaba katılabilir. Artı işaret gösterimi bu yüzden. Trafikteki dur-kalklarda oluşan bir arabalık boşluğun, arabalar ilerledikçe geriye doğru gitmesine benzetilebilir. Serbest bir elektron bir holü doldurursa iki taşıyıcı da yok olmuş sayılabilir.

Maddelerde akım taşıyıcıları serbest elektron veya hollerdir. Atoma sıkıca bağlı elektronların iletkenliğe katkısı pek yoktur. Yarı iletkenlerde serbest e^- veya h^+ yoğunluğu ne kadar artarsa öz iletkenlik o kadar artar. Yani metallerin aksine, grafit (kristal karbon) gibi, yarı iletkenlerin de öz direnci sıcaklıkla azalır. Nötr ve katkısız bir yarı iletken kristalde serbest e^- ve h^+ yoğunlukları eşittir.

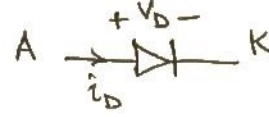
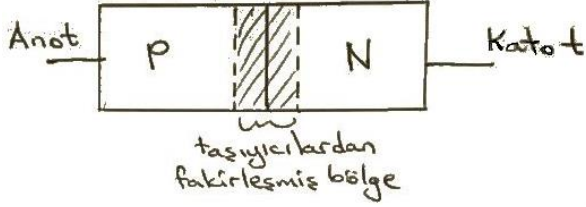
Yarı iletken malzemenin içine çok az miktarda katkı atomu eklenerek katkılanmış yarı iletkenler elde edilir. Son yörüngesinde 5 elektron olan fosfor, arsenik, antimon gibi atomlar eklenirse, bağ yapamayan elektronlar serbest elektron olurlar ve böylece kristal nötr olsa bile serbest e^- yoğunluğu, h^+ yoğunluğundan fazla olur. Bunlara *N tipi katkılanmış yarı iletken* denir.

Son yörüngesinde 3 elektron olan alüminyum, galyum, indiyum gibi atomlar eklenirse, değerlik bandında bağ yapacak boşluğu olduğu halde bunları dolduracak yeterli sayıda elektron olmadığı için hol olur. Holler başka atomlardan gelen elektronlarla dolsa bile bu kez holler o atomlara geçmiş olur. Böylece kristal nötr olsa bile h^+ yoğunluğu, serbest e^- yoğunluğundan fazla olur. Bunlara da *P tipi katkılanmış yarı iletken* denir.

N ve P tipi katkılı olmak kristalin eksi veya artı yüklü olması değildir. Sadece hangi taşıyıcı türünden daha çok olduğunu gösterir. Ancak yine de P tipi katkılı bölge ile N tipi katkılı bölge bir eklem (*junction*) halinde bir araya getirilirse, N bölgesinin fazlalık serbest elektronları, P bölgesinin hollerini doldurur. Böylece eklem civarında bilakis P tipi bölge eksi yüklü, N tipi bölge artı yüklü hale geçer. Bu geçiş silisyum için arada 0,6 V civarında gerilim oluşunca dengeye gelir. Geçiş olan bu bölge, taşıyıcılardan fakirleşmiş bölgedir. Eğer *ters kutuplama* yani N tipi uca artı, P tipi uca eksi yönde gerilim uygulanırsa, N bölgesinde fazlalık serbest elektronlar ve P bölgesinde holler biraz daha azalır ve taşıyıcılardan fakirleşmiş bölge genişler. Ortada taşıyıcı olmadığından akım geçmez. Halbuki *doğru kutuplama* yani P ucuna artı, N ucuna eksi yönde gerilim uygulanırsa, N bölgesinin serbest elektronları, P bölgesinin hollerini artırır ve taşıyıcılardan fakirleşmiş bölge daralır. Eğer bu yönde 0,6 V'tan daha büyük gerilim uygularsak bu taşıyıcılar eklem karşı tarafına devamlı geçmeye başlar, yani sürekli bir akım oluşur. Silisyum için 0,6 V olan eşik gerilimi germanyum için 0,2 V'tur.

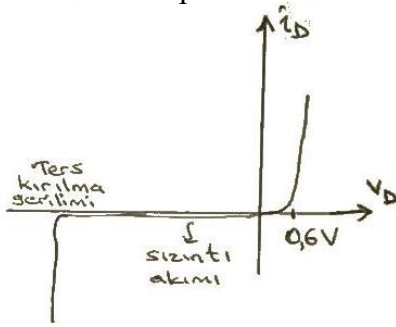
Yarı iletken elektronik elemanlar, maskeleme ve fotolitografi gibi yöntemlerle N ve P tipi katkılanmış bölgelerin çeşitli kombinasyonlarından, bazı bağlantılardan ve yalıtkan kaplamalardan oluşur.

Diyot

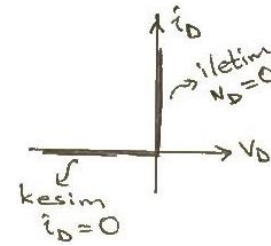


En basit, tek PN eklemli elemandır. P katkılı ucuna anot, N katkılı ucuna katot denir. Eşik voltajının üzerinde doğru kutuplandığında anottan katoda kolayca akım geçirir. Bu duruma *iletim* denir. İletimde anot-katot arası gerilim akım artışıyla çok az artsa da eşik voltajı yaklaşık civarında sabit varsayılabilir.

Ters kutuplandığında ise katottan anoda akım geçirmez (μA 'ler seviyesinde sızıntı akımı hariç). Buna *kesim* denir. Ancak ters gerilim çok artırılırsa, çok hızlanan elektron çarpışmalarından açığa çıkan serbest taşıyıcılar nedeniyle daha fazla dayanamaz ve dış devrenin izin verdiği kadar akım geçirir. Buna *ters kırılma* veya *zener bölgesi* denir. Zener bölgesinde de gerilim sabittir. Akım aşırı artmadıkça normal çalışmaya döndürülebilir. Aşırı akım geçerse eleman tahrip olur.



Diyot karakteristiği

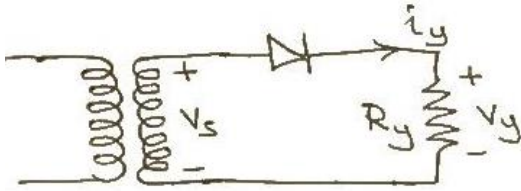


İdealleştirilmiş diyot karakteristiği

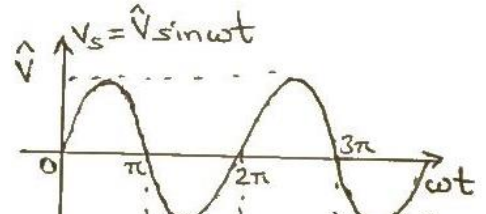
İdeal diyot varsayımında, eşik voltajı sıfırdır. İletimde direnci ve üzerindeki voltajı sıfırdır. Kesimde ise akımı sıfırdır. İletimdeki akımı veya kesimdeki gerilimi dış devre belirler.

Diyotların başlıca kullanım yeri doğrultuculardır. Yani AC gerilimden DC gerilim elde etmeye yararlar. Tek fazlı devrelerde başlıca doğrultucu çeşitlerinden ikisini görelim.

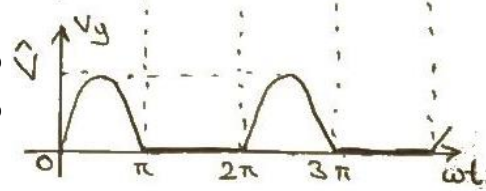
Yarım Dalga Doğrultucu



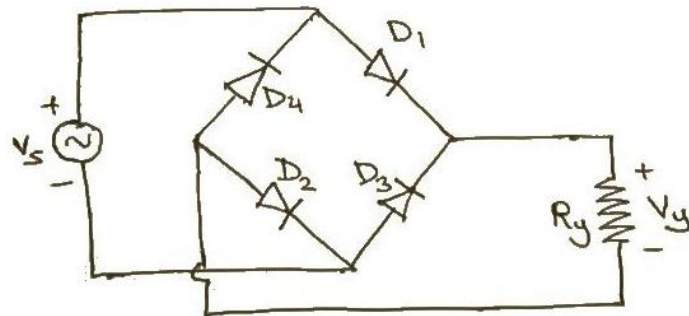
Yük direnç ise yalnızca $v_s > 0$ iken akım geçebiliyor.



Yarım dalga doğrultucuda

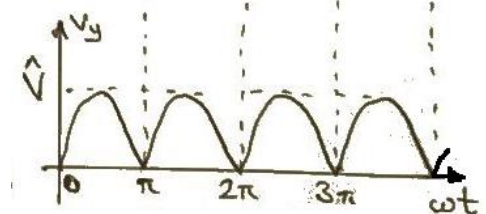


Köprü Doğrultucu



Tam dalga doğrultucuda ise yük direnç ise $v_s > 0$ iken akım D1 ve D2 üzerinden, $v_s < 0$ iken akım D3 ve D4 üzerinden, geçmektedir. Endüktif yükte ise bu geçiş biraz daha sürer, ama bu konumuzun dışındadır.

Tam dalga doğrultucuda

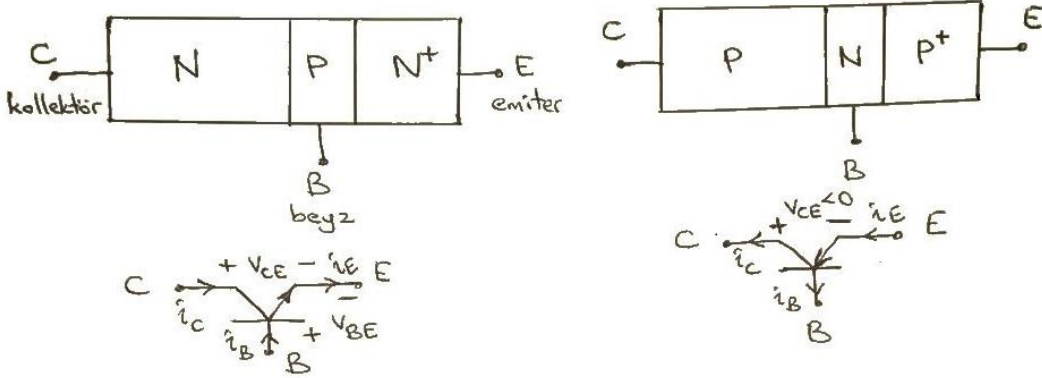


Transistör

Başlıca iki çeşiti BJT (çift kutuplu eklem transistörü) ve FET (alan etkili transistör) olan transistörlerin başlıca iki fonksiyonu, yükseltme ya da anahtarlama amacıyla kullanılmalarıdır.

BJT

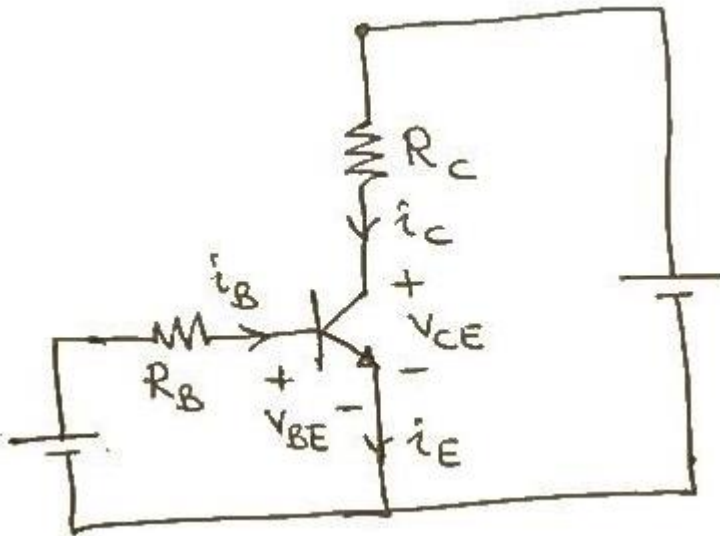
Aksi belirtilmezse transistör denince akla gelen tür budur. Üç katkı bölgesi, iki eklemi vardır. İlk icat edilenin görünümü ve boyutlarından dolayı sandviçe benzetilmiştir. NPN ve PNP olmak üzere iki türü vardır. 3 ucunun isimleri kollektör (C), beyz (B) ve emiterdir (E). Emiter ve kollektör aynı türde katkılıdır, fakat emiterin katkı oranı daha çoktur.



NPN transistörün çalışması şöyledir: Beyz-emiter arası bir diyot gibidir. $v_{BE} < 0,6V$ iken i_B , i_C ve i_E akımları sıfırdır. Buna kesim denir. Ancak $v_{BE} \geq 0,6V$ uygulanırsa beyz akımı i_B geçer. Kollektör-emiter arası gerilim pozitif ($v_{CE} > 0$) iken, dış devre izin veriyorsa

$$i_C = \beta i_B$$

olur. β akım kazancıdır. Akım büyüdüğü, v_{CE} dış devrenin sınırlarına göre hesaplanan biçimde azalır. Ancak kollektöre bağlı direncin büyük veya kaynak geriliminin küçük olması gibi bir sebepten dolayı dış devre bu akımı veremiyorsa akım daha küçük olur. Bu durumda transistör doyumda (*saturation*) demektir ve $v_{CE} = V_{CE}^{sat} \approx 0,2V$ olur.

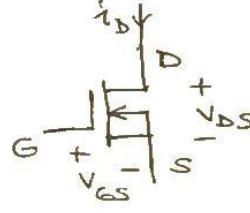
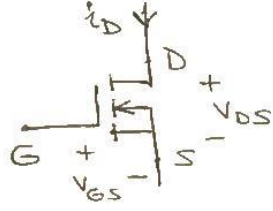
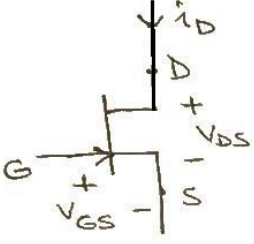


FET'ler

JFET (eklem FET'i), MOSFET gibi çeşitleri var. Her birinin N-kanallı ve P-kanallı türleri vardır, ama yaygın kullanılanı N kanallılardır. MOSFET'lerin de başlıca iki türü vardır:

Kanal oluşturmali (*enhancement*) MOSFET

Kanal ayarlamali (*depletion*) MOSFET



JFET

Kanal oluşturmali MOSFET

Kanal ayarlamali MOSFET

Yukarıdaki sembollerin hepsi N kanallıdır. P kanallı olanlarda gerilim işaretleri, akım yönleri ve semboldeki ok yönü tam tersidir. Burada:

G: gate (geçit)

D: drain (akaç) (anot)

S: source (kaynak) (katot)

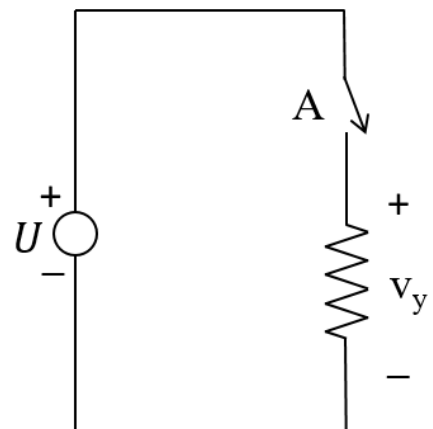
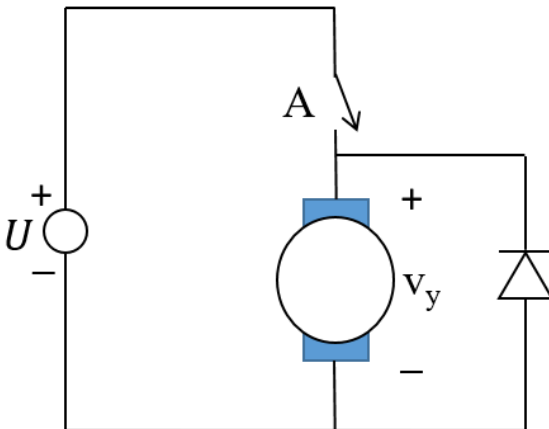
FET'lerin geçitlerinden hemen hemen hiç akım geçmez. v_{GS} gerilimi ile i_D akımı kontrol edilir, kısılır veya dış devrenin izin verdiği kadar artırılır. Tam kısılmasına kesim denir. Dış devrenin izin verdiği kadar artırılmasına ise doyum denir.

Hem FET'lerin hem BJT'lerin anahtar olarak kullanılmasında sadece kesim ve doyum durumları tercih edilir (aradaki hızlı geçiş dışında). Böylece statik anahtarlar elde edilir.

Darbe Genişlik Modülasyonu (PWM = *Pulse Width Modulation*)

Transistörlerin anahtar olarak kullanılması ile statik ve çok yüksek frekanslarda anahatarlama mümkün olduğu için, $[0, U]$ aralığında istenen bir gerilimi elde etmek için, o değerinde bir kaynak aramak yerine, U değerinde bir gerilim kaynağını ya hiç ya tam uygulayarak yük üzerinde ortalama olarak istenen gerilim veya güç etkisi sağlanır. Bu iş için elektronik anahtar (A) yerine ayarlı direnç kullansaydık, direnç üzerinde büyük güç kaybı olurdu. Ama anahtarın açık olduğu durumda akımı, kapalı olduğu durumda gerilimi sıfır olduğu için anahtardaki güç kaybı çok azdır (sadece açma-kapama geçişlerinde anahtarda güç kaybı olur).

Anahtarın iletim ve kesim sürelerinin değiştirilmesiyle yapılan ayara "darbe genişlik modülasyonu (*PWM = Pulse Width Modulation*)" denir.



Anahtarlama periyoduna T_a , bir periyottaki iletim süresine T_i , kesim süresine T_k dersek ($T_a = T_i + T_k$),

$$D = \frac{T_i}{T_a} = \text{görev oranı (duty cycle)}$$

diye tanımlanır. D değiştirilerek tek bir dc kaynak ile yük üzerinde ayar yapılabilir. Mesela motor hız kontrolü yapılabilir. Yükün endüktif bileşeni varsa, yüke ters paralel bir diyot bağlanması gerekir. Aksi halde akımı aniden kesilen bobin ark yaparak anahtarın yıpranmasına neden olur (Türevsel elemanlar konu dosyasındaki son resimle açıklanmıştı). Yük sadece direnç ise bu diyota gerek yoktur.

