

Bölüm 2: Yarı iletkenler

Temel kavramlar

Elektronüğın temelini oluşturan yarı iletkenleri açıklamadan önce madde ile ilgili temel bilgileri öğrenmek gerekir.

Bilindiğı gibi bütün maddeler atomlardan oluşmuştur. Beş duyu organımızla çevreyi incelediğimizde çok sayıda değişik özellikli madde görürüz. Örneğın, su, cam, bakır, demir, hava gibi.

a- Madde

Dünyada bulunan 105 çeşit maddenin (*element*) tümü atomların birleşiminden oluşmuştur. Bunlar "katı", "sıvı" ve "gaz" halinde bulunurlar.

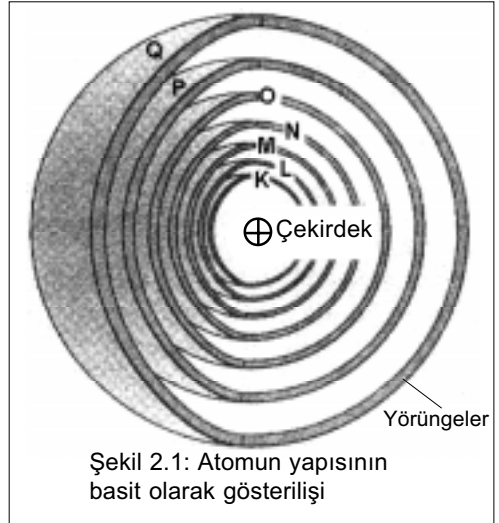
Elektrik akımını iletme durumlarına göre ise maddeler üçe ayrılır: "İletken", "yalıtkan" ve "yarı iletken".

Elektronik devrelerin büyük çoğunluğu katıların iletkenliğı temeline dayanılarak yapılır. Bir maddenin elektriğı iletme oranı, maddenin serbest elektron üretme yeteneğine bağılıdır.

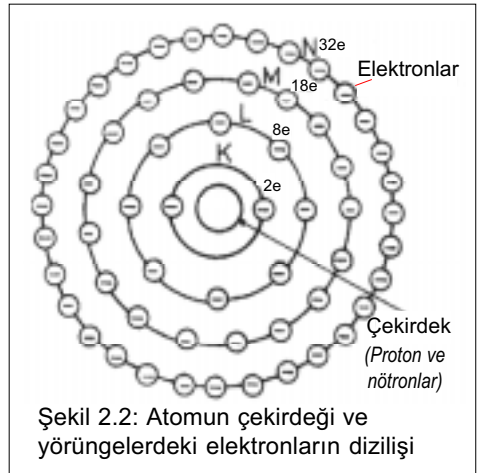
b- Atom

Yapılan deneyler, atomun tek bir "bütün" olmadığını, daha küçük parçalardan oluştuğunu göstermiştir. Atom, merkezindeki artı yüklü ve yüksüz parçacıklardan oluşan ağır çekirdeğıyle küçük bir güneş sistemi gibidir. Çekirdekdeki parçacıklara "proton" ve "nötron" adı verilir. Çekirdeğın çevresinde ise eksi yüklü "elektron"lar vardır. *Şekil 2.1 ve 2.2.'de atomun yapısı gösterilmiştir.*

Atom, "bölünemez" anlamındadır. Başka bir deyişle, maddelerin bölünemeyen en küçük yapı taşlarına atom denir. Bu küçük zerrecik, ortada bir çekirdek ve çekirdeğın çevresinde dönen elektronlardan oluşmuştur. Elektronlar çekirdek çevresine dağılmış en çok 7 yörünge üzerinde hareket ederler. Eksi (-) yüklü olan elektronlar yörüngelerinin bulunduğu yarı çapa orantılı olarak potansiyel ve kinetik enerjiye sahiptirler.



Şekil 2.1: Atomun yapısının basit olarak gösterilişi



Şekil 2.2: Atomun çekirdeğı ve yörüngelerdeki elektronların dizilişi

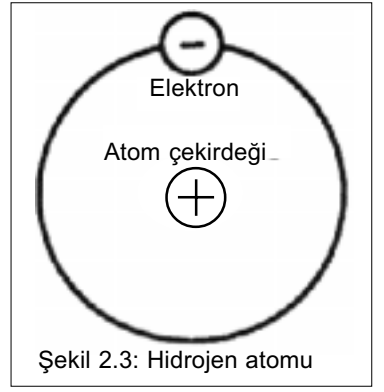
Atomlarda çekirdeğe en yakın yörüngedeki elektronların enerji seviyeleri en düşüktür. Çekirdekten uzaklaştıkça enerji seviyeleri artar.

Elementler içinde en basit yapıya sahip olan madde hidrojen atomudur. (Şekil 2.3). Bu atom ortada bir çekirdek ile onun etrafındaki yörüngede dönen bir elektrondan oluşmuştur.

Atomların çekirdeğinde bulunan protonlar elektriksel bakımdan (+) yüklü, nötronlar ise yüksüzdür. Nötronların elektriksel ve kimyasal etkileşimlerde işlevi (etkisi) yoktur.

Atomdaki elektronlar K, L, M, N, O, P, Q kabuklarında dağılmış olup, elektrik akımını taşıyan elektronlar en son kabuktakilerdir.

Bir maddenin elektriksel olaylarının oluştuğu son kabukta bulunan elektronlarına valans elektronları adı verilmektedir.

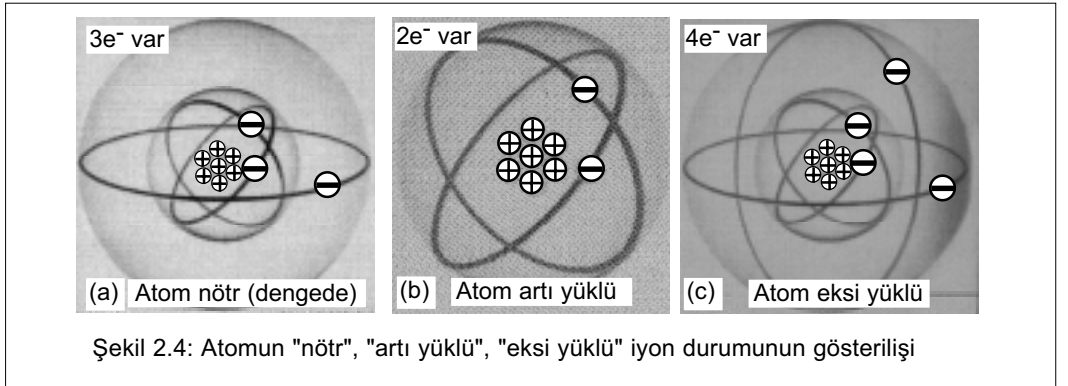


Şekil 2.3: Hidrojen atomu

c- Elektrik yükü

Bir atom, elektron kaybettiğinde pozitif yüklü hale geçer. (Şekil 2.4-b.) Eğer dışarıdan bir elektron alımı söz konusu olursa negatif yüklü duruma geçer. (Şekil 2.4-c.)

Atomların artı ya da eksi yüklü olması durumuna "şarjlı olma" da denilir. Eğer herhangi bir atom şarjlı durumdaysa buna, "iyon" adı verilir. Atomlar, fazla olan elektronlarını verip nötr (yüksüz) hale geçmek isterler. Yani, üzerlerindeki fazla elektronları ilk fırsatta komşu bir atoma vermeye çalışırlar. Bu özellik aynı adlı kutupların birbirini itmesi, zıt kutupların birbirini çekmesi özelliğinden kaynaklanmaktadır.



Şekil 2.4: Atomun "nötr", "artı yüklü", "eksi yüklü" iyon durumunun gösterilişi

d- İyon

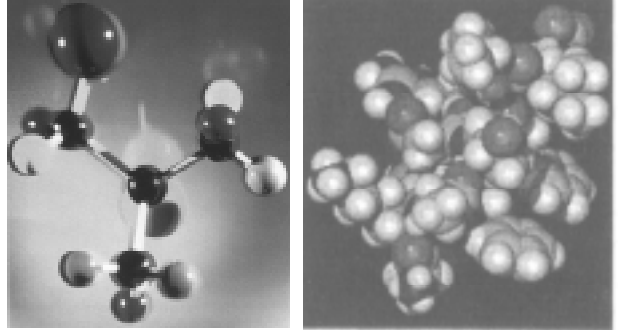
Atomların elektriksel açıdan dengesiz haline "iyon" denir. Şöyleki, dış etkilerle atomun son yörüngesinde bulunan elektronun biri alınırsa elektriksel denge bozularak atom, artı yüklü iyon durumuna geçer. Şayet dengedeki bir atomun son yörüngesine bir elektron girecek olursa atom eksi yüklü iyon durumuna geçer. Şekil 2.4-a-b-c'ye bakınız.

e- Molekül

Bir kaç maddenin birleşiminden oluşmuş yeni maddenin en küçük parçacığına molekül denir.

Örneğin, suyun oluşumu için 1 oksijen atomuyla 2 hidrojen atomu gerekir. Bakır sülfat molekülünde ise "1 bakır atomuyla, 1 kükürt atomu ve 4 oksijen atomu vardır.

İşte bu birleşimlerin en küçük yapı taşı moleküldür. Şekil 2.5'de molekül modeli örnekleri verilmiştir.

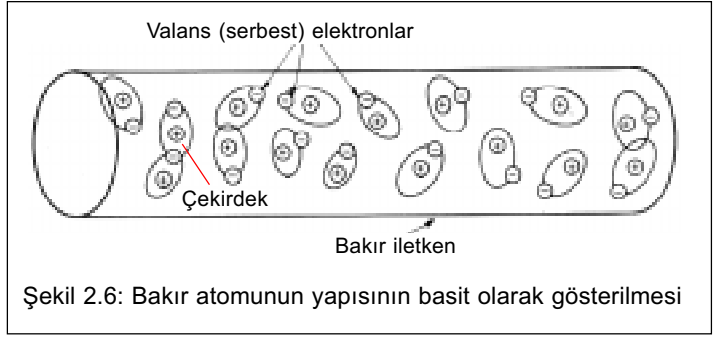


Şekil 2.5: Molekül modelleri

A- İLETKENLER, YALITKANLAR VE YARI İLETKENLER

a- İletkenler

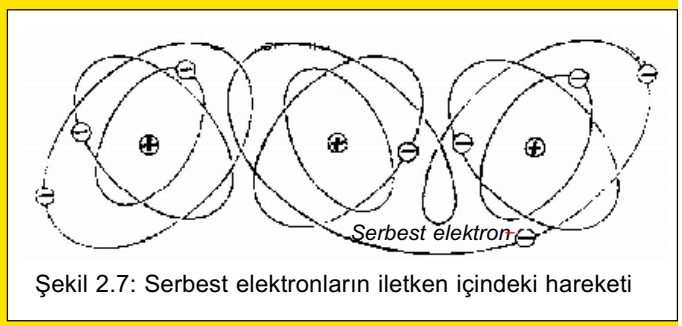
Bir atomun en dış yörüngesinde az sayıda (1-2-3) elektron varsa, bu elektronları çekirdeğe bağlayan güç zayıftır. Örneğin bakır atomunun son yörüngesinde 1 elektron vardır ve bu çekirdek tarafından kuvvetlice çekilmediğinden çok kolayca serbest hale geçebilir.



Şekil 2.6: Bakır atomunun yapısının basit olarak gösterilmesi

Bakırdan yapılmış bir iletkenin iki ucuna belli bir gerilim uygulanırsa, elektronlar pilin eksi (-) ucundan artı (+) ucuna doğru gitmeye başlar. İşte bu elektron hareketi "elektrik akımıdır". Gerilim kaynağının artı ucu elektronları yakalarken, eksi ucu maddeye elektron verir. Burada gerilimi, bir çeşit elektron pompası olarak düşünebiliriz. Gerilimin büyüklüğü artarsa, elektronlar daha hızlı bir şekilde ilerlerler. Yani ortalama hızları artar.

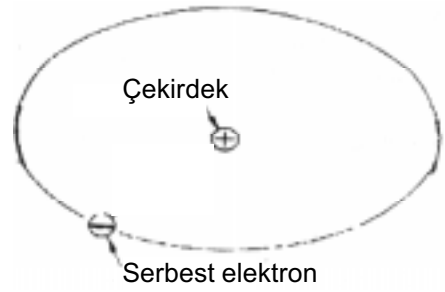
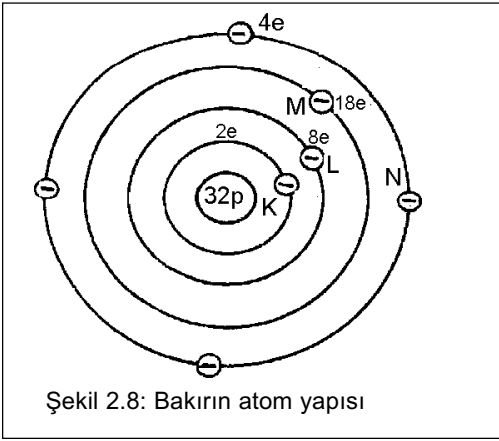
Başka bir deyişle son yörüngesinde (*valans bandı*) 1-2-3 elektron bulunduran maddeler az ya da çok elektrik akımını iletirler.



Şekil 2.7: Serbest elektronların iletken içindeki hareketi

En dış yörüngesinde 2 elektron bulunduran demir ve 3 elektron bulunduran alüminyumun iletkenlikleri bakıra göre azdır.

Şekil 2.6'da bakırdan yapılmış iletkenin serbest elektronları, şekil 2.7'de bakır iletkeninde serbest elektronların hareketi, şekil 2.8'de bakır atomunun yapısı ve şekil 2.9'da bakır atomunun basit olarak gösterilişi verilmiştir.



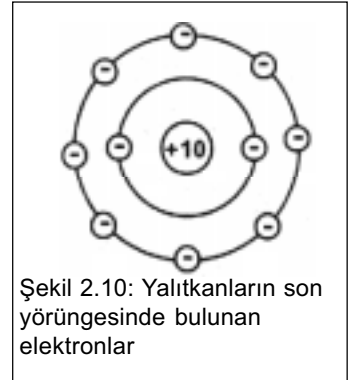
b- Yalıtkanlar

Gerilim uygulandığında iletkenliği çok alçak düzeyde olan malzemelere yalıtkan denir. Başka bir deyişle, elektrik akımını "iletmeyen" maddeler yalıtkanlardır.

Atom yapısı açısından bakıldığında, son yörüngelerinde (*valans bandı*) 5-6-7-8 elektron bulunduran tüm maddeler az ya da çok yalıtkanlardır.

Yalıtkanlarda atomlar arası boşlukta serbest elektron bulunmaz. Elektronlar çekirdeklere sıkı bağlarla bağlıdır. Yani, her atom nötr durumdadır. Bir yalıtkan "fazladan yüklenen şarj", yalıtkanın o bölgesinde statik olarak kalır. Yükler atomdan atoma iletilmediği için yalıtkan üzerinde başka bir bölgeye geçiş söz konusu değildir.

Şekil 2.10'da görüldüğü gibi plastik, cam, kauçuk, mermer, kağıt, tahta gibi yalıtkanlık düzeyi yüksek olan maddelerin atomlarının son yörüngelerinde 8 adet elektron vardır. Yani bu atomlarda son yörünge elektron bakımından doymuş durumdadır. Dışarıya elektron verme ya da dışarıdan elektron alma çok zordur.



Cam, mika gibi iyi yalıtkanların direnci 10^{15} W/Cm^3 düzeyindedir. Yalıtkanların çok yüksek direnç göstermeleri madde içindeki serbest elektronların ya da diğer akım taşıyıcıların olmamasındandır. Yani yalıtkanlarda atom bağ yapısı elektronların yörüngesinden çıkmasına izin vermez. Bu durumu enerji bandı yönünden ele alırsak, iletim bandı ile valans bandı arasındaki yasak bölge dışarıdan uygulanacak enerji ile aşılamayacak kadar geniştir. Şekil 2.13'e bakınız. (*Burada enerji bandları, elektronların ve oyukların hareket ettiği kanallar şeklinde düşünülmemelidir, iletme izin verilen ya da verilmeyen enerji seviyeleri olarak algılanmamalıdır.*)

Ek bilgi: Akımı hiç geçirmeyen madde var mıdır?

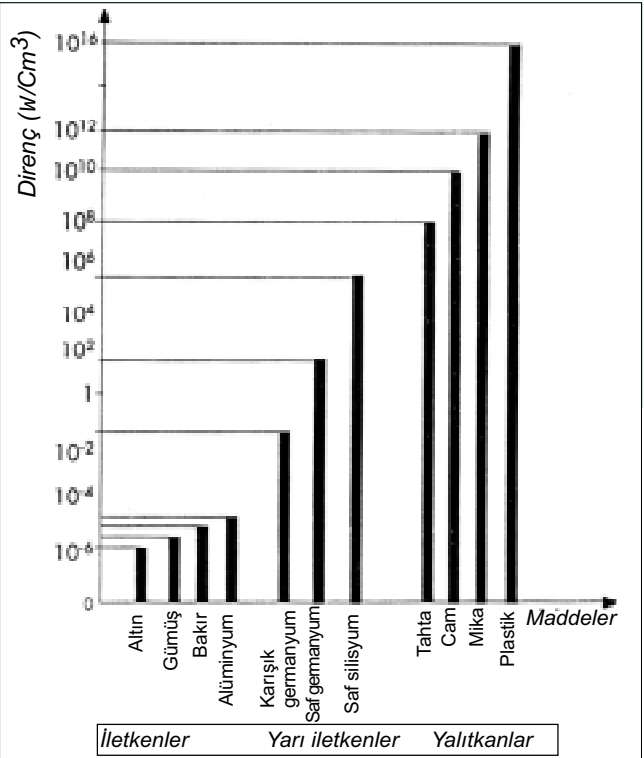
Aslında elektrik akımını hiç geçirmeyen madde yoktur. Yalıtkan olarak bilinen maddeler "çok az" bir akım geçirirler. (*İyi bir yalıtkan olarak kabul edilen polistiren'in 1 Cm^3 'ünde $6,1 \cdot 10^{10}$ adet serbest elektron bulunur.*) Fakat bu canlılar için zararlı değildir. Yalıtkan uygulanan gerilim arttıkça geçirdiği akım da artmaya başlar. Belli bir gerilim seviyesinden sonra yalıtkan tamamen iletken olur. Buna "yalıtkanın delinmesi" denir. Her yalıtkanın

delinmesine yol açan gerilim değeri ayrıdır. Elektrik ve elektronik çalışmalarında kullanılan el takımlarının sap izoleleri incelenecek olursa, burada yalıtkanın dayanabileceği son (*maksimum*) gerilim değeri yazılıdır. Örneğin penselerin sap izolesinde "10.000 Volt" yazar. Bu, plastik yalıtkan 10.000 Volt'tan sonra iletken hale geçebilir anlamı taşır.

c- Yarı iletkenler

Son yörüngelerinde (*valans bandı*) 4 elektron bulunduran maddelere yarı iletken denir.

Yarı iletkenlerin direnci iletkenlerin direncinden yüksek, yalıtkanların direncinden düşüktür. Yani iletkenlik bakımından iletken ve yalıtkanlar arasında yer alırlar. *Şekil 2.11'de verilen grafikte saf germanyum ve saf silisyumun direnç değerine dikkat ediniz.*



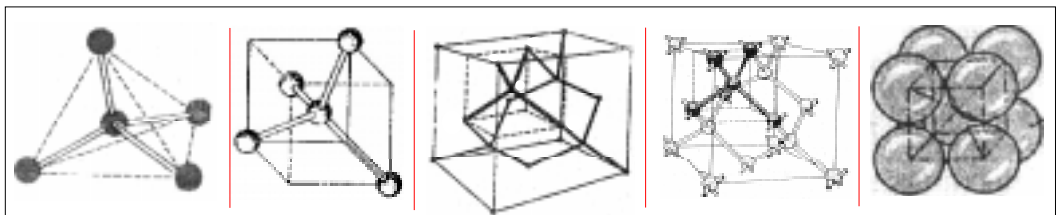
Şekil 2.11: Maddelerin elektriksel direnç düzeylerinin grafiklerle gösterilmesi

Yarı iletkenlerin 1 Cm³'ünün iki yüzü arasındaki direnç normal oda sıcaklığında 0,1-50 W arasındadır. Bu tip maddelerin dirençleri sıcaklık ile düzgün değişme göstermez.

Yarı iletkenlerin bazıları "bileşik", bazıları "element"dir. Bileşiklere örnek olarak "çinko oksit" ile "bakır oksiti" verebiliriz. Elementlere örnek ise "germanyum" ve "silisyum (silikon)" gösterilebilir.

Yarı iletkenler kristal yapıdadır. Yani atomları belirli bir sistemle sıralanmıştır. Bu yapı tekli kristal (*mono kristal*) ya da çoklu kristal (*poli kristal*) olabilmektedir. Şekil 2.12'ye bakınız.

Silisyum (*silikon*) ve germanyum atomlarının son yörüngelerinde dörder elektron vardır. Germanyumun ve silisyumun saf kristalleri oldukça iyi bir yalıtkan olmalarına karşın,



Şekil 2.12: Yarı iletkenlerin kristal yapısının üç boyutlu olarak gösterilmesi

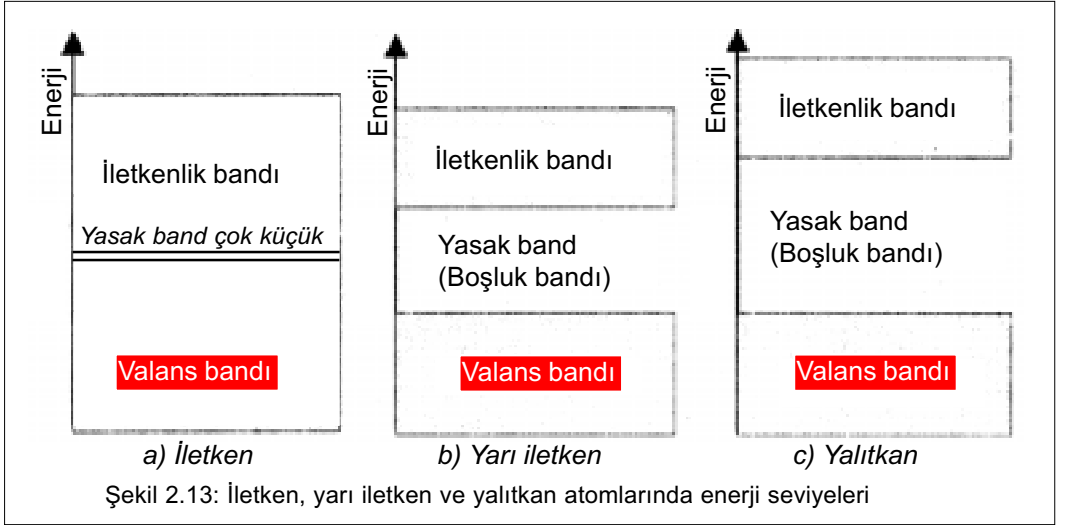
atom yapılarına küçük miktarlarda arsenik, indiyum vb. ekleyerek iletkenlikleri önemli ölçüde değiştirilebilir.

Üretici şirketlerin yaygın olarak kullandığı bazı yarı iletken maddeler ve kullanım alanları

-Azot (N): N tipi yarı iletken oluşturmada.	-Galyum: P tipi yarı iletken oluşturmada.
-Antimuan (Sb): N tipi yarı iletken oluşturmada.	-İndiyum (In): P tipi yarı iletken oluşturmada.
-Arsenik (Ar): N tipi yarı iletken oluşturmada.	-Selenyum (Se): Diyot yapımında.
-Fosfor (P): N tipi yarı iletken oluşturmada.	-Bakıroksit (Cu_2O): Diyot yapımında.
-Germanyum (Ge): Diyot, transistör, entegre vb. yapımında.	-Galyum arsenik (GaAs): Tunel diyot, laser diyot, foto diyot, led yapımında.
-Silisyum (Si): Diyot, taransistör, entegre vb. yapımında.	-İndium fosfor (InP): Diyot, transistör yapımında.
-Bor (B): P tipi yarı iletken oluşturmada.	-Kurşun sülfür (PbS): Güneş pili (fotosel, solar cell) yapımında.

B- ATOMLARDA ENERJİ SEVİYELERİ VE BAND YAPILARI

Bir maddeyi elektriksel bakımdan iletken hale getirebilmek için dışarıdan bir enerji uygulanması gerekir. Bu enerji miktarı üç ayrı enerji bandının oluşmasını sağlar. Bunlar, şekil 2.13'de görülebileceği gibi "iletkenlik bandı", "yasak band" ve "valans bandı"dır.



Herhangi bir atomun valans bandındaki elektronların yörüngesinden koparak iletkenlik bandına geçmesi için, bu iki band arasındaki yasak bandı geçmesi gerekir.

a- Yasak band: Elektron bakımından boş bulunan ve valans bandındaki elektronların iletkenlik bandına geçmesini zorlaştıran boşluğa denir.

b- İletkenlik bandı: Valans bandından kopan ve akım taşıyabilecek durumda olan elektronların bulunduğu banddır. Maddeler, elektronlarının bu banda geçmesiyle iletken hale gelirler.

Maddelerin elektriksel iletkenliği, atomlarının enerji seviyelerine bağlıdır. Her maddenin, içinde bulunan elektronların serbest hale geçmesi için, o maddeye dışarıdan farklı enerji seviyeleri uygulamak gereklidir.

Saf bir yarı iletken maddede iletkenlik, elektronların bir banddan diğeriine geçmesiyle meydana gelir. Yani, bir atomun son yörüngesinde bulunan valans elektronun serbest duruma geçmesi, o maddenin iletkenlik kazanması anlamına gelir.

Şekil 2.14'de görüldüğü gibi dışarıdan enerji (ısı, ışık vb.) alan bir elektron bir üst banda (tabakaya) yükselebilir. Daha düşük bir banda geçen elektron ise dışarıya enerji yayar.

Valans bandında bulunan elektronlar çekirdeğin çekim kuvveti nedeniyle yörüngelerinden çıkamazlar. Bunların serbest hale geçebilmesi için, dışarıdan yeter miktarda enerji uygulanması gereklidir. Bu enerjiyi alan elektron, valans bandından çıkıp yasak bölgeyi geçerek iletkenlik bandına ulaşır. Orada akım taşıyıcı olarak görev yapmaya başlar. Elektron yerinden çıktığı zaman arkasında bir oyuk bırakır. Oyuk, pozitif yüklü olarak kabul edilir.

İletkenlerin "valans bandı enerji seviyesiyle" "iletkenlik bandı enerji seviyesi" aynıdır. Bu nedenle iletkenlerde küçük bir enerji uygulanmasıyla pek çok valans elektron serbest duruma geçebilmektedir. Başka bir anlatımla, iletkenlerde yasak band yok denecek kadar azdır. Bu sayede elektronlar kolaylıkla valans bandından iletkenlik bandına atlayabilirler. Şekil 2.13-a'ya bakınız.

Yarı iletkenlerin valans bandıyla iletkenlik bandı arasında belirli bir boşluk bandı vardır. Bundan dolayı yarı iletkenlerin iletkenlik oluşturabilmesi için, valans elektronlarına boşluk bandı kadar ek enerji uygulamak gereklidir. Şekil 2.13-b'ye bakınız.

Yalıtkanlardaysa oldukça büyük bir boşluk bandı vardır. Bundan dolayı elektronları valans bandından iletkenlik bandına geçirebilmek için çok yüksek değerli enerjiye gerek vardır. Şekil 2.13-c'ye bakınız.

c- Atomların yörüngelerindeki elektron sayıları

20. Yüzyılın başlarında **Bohr** ve diğeri bilginler tarafından yapılan çalışmalar elektron yörüngelerinin katmanlar halinde oluştuğunu göstermiştir.

Başka bir deyişle, elektronlar yörünge (orbital, kabuk) adı verilen yollar üzerinde dönerler. Bu yörüngelere K, L, M, N, O, P, Q adı verilir ve yörüngeler çekirdekten dışarıya doğru 1, 2, 3, ... olarak numaralanır. Her yörüngede maksimum kaç elektron bulunduğu katman sayısının karesinin 2 ile çarpılmasıyla bulunur.

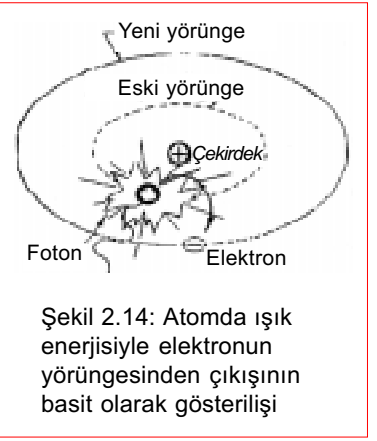
Yani, her katmanda bulunabilen en fazla (maksimum) elektron sayısı $2n^2$ denklemiyle bulunur. ($n = 1, 2, 3 \dots$)

Atomların kabuklarındaki maksimum elektron sayıları

K: 2, L: 8, M: 18, N: 32, O: 50, P: 72, Q: 98.

Örnek: Atomun ikinci (L) kabuğunda bulunabilecek maksimum elektron sayısını hesaplayınız.

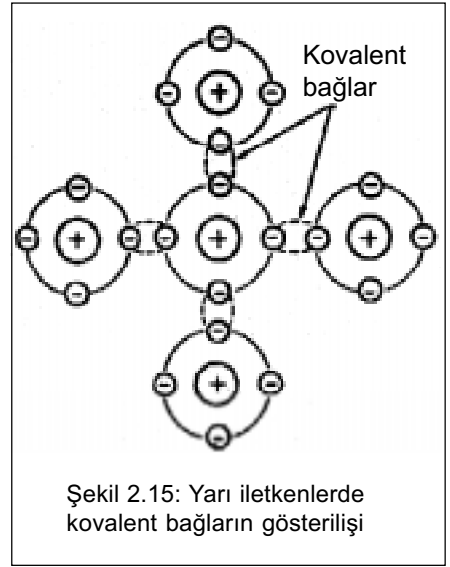
Çözüm: L kabuğunda bulunabilen maksimum elektron sayısı $= 2 \cdot n^2 = 2 \cdot 2^2 = 8$.



d- Atomlarda kovalent (ikili) bağ

Maddelerin içinde bulunan atomların elektronları dizilirken kimyasal olarak 8'li bağlarla birbirine bağlanırlar. Yani, kovalent yapının oluşması için "8 elektrona" gerek vardır. Ve bu işlem yarı iletken atomlarının son yörüngelerindeki elektronların karşılıklı kullanımıyla gerçekleşir. *Şekil 2.15'e bakınız.* Yani silisyumun (ya da germanyumun) dört elektronu komşu silisyum atomlarının elektronlarını ortak olarak kullanır. Ortak kullanımdaki elektronlar hem kendi hem de komşu atom çevresinde döner. Buna "kovalent bağ" denir.

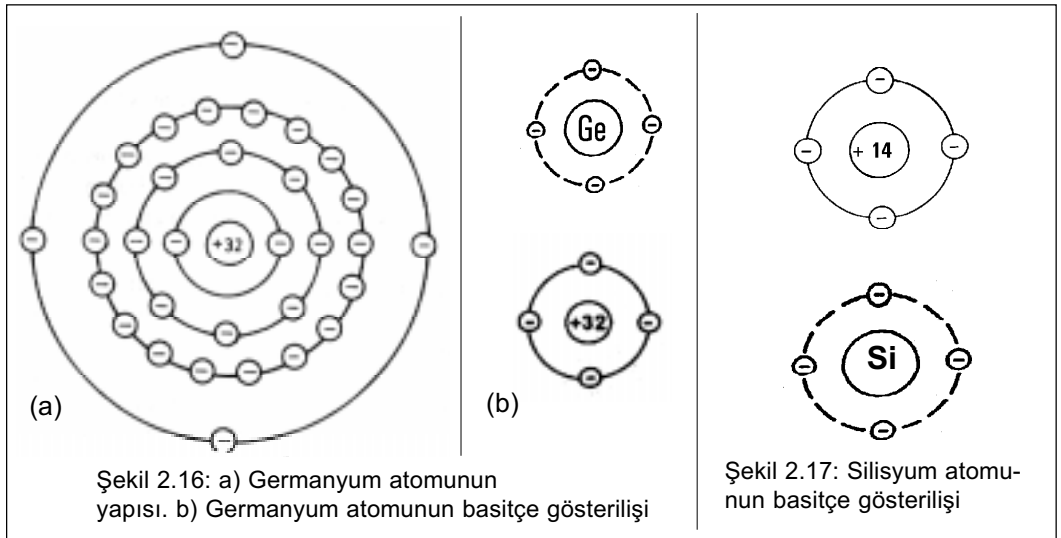
Silisyum ya da germanyum kristali ısıtılır veya elektrik akımının etkisine maruz bırakılırsa, kovalent bağların çekim kuvvetini yenen çok az sayıdaki elektron serbest hale geçer. Halbuki aynı uygulama iletkenlere yapılırsa (*örneğin bakır*) sayılamayacak derecede çok sayıda elektron serbest hale geçer.



C- SAF (KATKISIZ) GERMANYUM VE SİLİSYUMUN KRİSTAL YAPILARI

Elektronik devre elemanlarının büyük bir bölümü silisyum ve germanyum elementlerinden üretilmektedir.

Yarım asır önce başlayan yarı iletken temelli devre elemanı üretiminde ilk zamanlar germanyum maddesi çok yaygındı. Günümüzde ise bu madde çok az kullanılmaktadır. Çünkü germanyum maddesi "oda sıcaklığı"nda bile çok sayıda elektronunu serbest bırakmakta, bu ise sızıntı akımlarının çoğalmasına yol açmaktadır. Sıcaklık arttıkça ise germanyumdaki iletkenlik iyice artmakta ve bu madde, iletken gibi davranmaya başlamaktadır. Silisyum maddesi ise oda sıcaklığında tam bir yalıtkan gibi davranmaktadır. İşte bu nedenle diyot, transistör, tristör, entegre vb. yapımında silisyum maddesi daha çok



kullanılmaktadır.

Doğadan elde edilen bu iki madde saflaştırılarak (*başka maddelerden arındırılarak*) monokristal (*tekli kristal*) haline getirildikten sonra devre elemanları üretiminde kullanılmaktadır. Kimyasal işlemlerle yabancı maddelerden arındırılan ve monokristal hale getirilen germanyum ve silisyumun "iç yapısı" incelenecek olursa "kübik kafes sistemi" karşımıza çıkar. (*Şekil 2.12'ye bakınız.*) Burada, kürecikler atomları, aralarındaki çubuk yollar da kovalent (*ikili*) bağları göstermektedir.

Germanyum atomunda 32 elektron (K kabuğunda 2, L kabuğunda 8, M kabuğunda 18 ve N kabuğunda 4 elektron) bulunur. Elektronikle ilgili anlatımlarda germanyumun sadece en son yörüngesindeki dört elektrondan bahsedildiğinden, bu atomun iç yapısı basit olarak *şekil 2.16-b'deki* gibi gösterilir. Silisyum atomunda ise 14 elektron, (K kabuğunda 2, L kabuğunda 8 ve M kabuğunda 4 elektron) vardır. *Şekil 2.17'de 14 elektronlu silisyum atomunun basit gösterilişi verilmiştir.*

Atomların sadece en dış yörüngesinde bulunan elektronlarda elektriksel olaylar meydana geldiğinden, anlatımlarda yalnızca "en dış" yörüngeden söz edilir. Diğer yörüngelerdeki (*iç yörüngeler*) elektronlar çekirdek tarafından çok sıkı olarak çekildiklerinden bulundukları yörüngeden ayrılamazlar.

Kristal yapıya sahip olmayan maddelerin elektronları kendi atom çekirdeği etrafında döner. Ancak, germanyum, silisyum gibi kristal yapıya sahip maddelerin son yörünge (*valans*) elektronları, komşu atomların her bir valans elektronlarıyla adeta bağlanmış gibi birlikte dönerler. Bunlara "ortak valans çiftleri" denir. Komşu atomlar arasındaki ortak valans bağları, atomlar arasında bir çekme kuvveti yaratır. Ancak komşu atom çekirdeklerindeki artı (+) yükler arasındaki itme kuvvetleri, bu çekim gücüne karşı koyar. Bu sayede kristal madde içinde elektriksel denge kurulur.

Kovalent bağ içinde olan germanyum ya da silisyum maddesinde elektrik akımı hareketini başlatmak için dışardan bir enerji uygulamak gereklidir. Çünkü normalde bu maddeler "yalıtkan" gibi davranırlar.

D-SAF OLMAYAN (KATKILI) GERMANYUM VE SİLİSYUMUN KRİSTAL YAPISI

a- P ve N tipi yarı iletken maddelerin oluşturulmasında kullanılan katkılama maddeleri

P ve N tipi yarı iletkenler germanyum ya da silisyuma belli oranlarda yabancı madde katılmasıyla oluşturulmaktadır. Son yörüngesinde (*valans yörünge*) 3 elektron bulunduran maddeler kullanıldığında P tipi bir yarı iletken oluşurken, 5 elektron bulunduran maddeler kullanıldığında ise N tipi yarı iletken elde edilmektedir.

Son yörüngesinde üç valans elektronu bulunan maddeler: İndiyum, galyum, alüminyum, bor...

Son yörüngesinde beş valans elektronu bulunan maddeler: Arsenik, antimuan, fosfor...

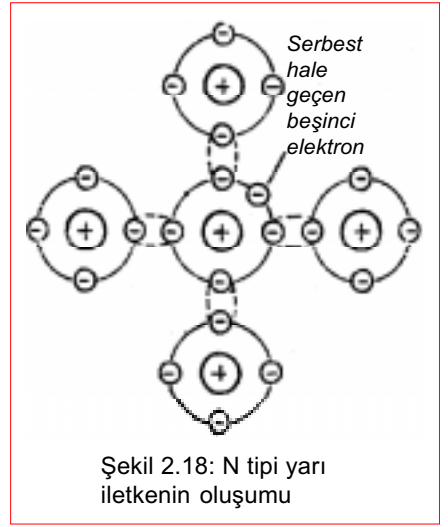
b- N (negatif) tipi yarı iletkenin oluşumu

Son yörüngesinde 4 elektron bulunduran silisyum ya da germanyumun içine (*yaklaşık olarak 100 milyonda 1 oranında*), son yörüngesinde 5 elektron bulunduran arsenik (*ya da fosfor, antimuan*) maddesi karıştırılırsa, arseniğin 4 elektronu komşu elektronlarla kovalent bağ yapar. Bir elektron ise boşta kalır. *Şekil 2.18'de* görüldüğü gibi serbest hale geçen beşinci arsenik elektronu, kristal yapıdaki madde içinde dolaşır. İşte elektron yönünden zengin olan bu karışıma N tipi yarı iletken denir.

Kristal yapı içine katılan 5 elektronlu madde bir elektronunu yitirdiği için elektriksel olarak pozitif (+) yüklü iyon duruma geçer. Bu elektriksel durum basit olarak gösterilirken, çekirdek (+) yüklü, serbest halde dolaşan elektronlar ise (-) yüklü olarak ifade edilir.

N tipi yarı iletkenin oluşumunda kullanılan maddeler elektron çoğalmasına neden olduklarından, bunlara verici (*donör*) adı verilir.

N tipi yarı iletken haline gelmiş olan maddenin serbest hale geçmiş elektronları çok olduğu için, bunlara “çoğunluk taşıyıcılar” denir. Yani, N tipi maddede elektrik akımının taşınması işinde "çoğunluk" olan elektronlar görev yapar.



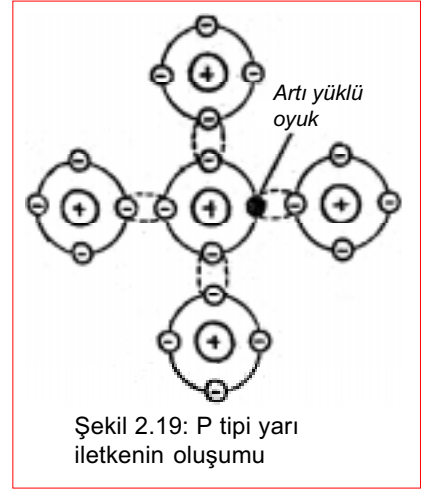
c- P (pozitif) tipi yarı iletkenin oluşumu

Son yörüngesinde 4 elektronu bulunan silisyum ya da germanyumun içine (*yaklaşık 100 milyonda 1 oranında*) son yörüngesinde üç elektron bulunan indiyum (*ya da galyum, bor, alüminyum*) karıştırılırsa, indiyumun üç elektronu komşu elektronlarla kovalent bağ yapar. Şekil 2.19'da görüldüğü gibi silisyum ya da germanyumun elektronlarından birisi ise bağ yapacak indiyum elektronu bulamaz ve dışarıdan elektron kapmak ister.

İşte elektron yönünden fakir olan bu karışım elektriksel olarak pozitif yüklü iyon kabul edilir. Elektronu ihtiyaç olan yer bir “oyuk (*hole, delik, boşluk*)” ile ifade edilir ve bu pozitif yüklü kabul edilir. Zira oyuk, her an “elektron çekmeye uygun” durumdadır. Oyuk yönünden zengin olan bu tip karışıma da P tipi madde denir.

P tipi maddenin durumu basitçe gösterileceği zaman, çekirdek eksi (-) yüklü, oyuklar ise artı (+) yüklü olarak ifade edilir.

P tipi yarı iletkenin oluşumunda kullanılan maddeler (*indiyum, galyum, bor*) elektron azalmasına neden olduklarından, bunlara alıcı (*akseptör*) adı verilir.



E- "N" VE "P" TİPİ YARI İLETKENLERDE ELEKTRON VE OYUK HAREKETLERİ

a- N tipi yarı iletkenlerde eksi (-) yüklü elektronların hareketi

N tipi yarı iletkenlerde elektronlar çoğunluk taşıyıcı durumundayken, çok az sayıda olan oyuklar ise azınlık taşıyıcısı durumundadır.

Şekil 2.20'de verilen bağlantı yapıldıktan sonra N tipi yarı iletkene DC gerilim uygulanırsa, serbest haldeki elektronlar, gerilim kaynağının (+) ucunun çekme kuvveti ve (-) ucunun da itme kuvvetiyle, kaynağın (+) ucuna doğru akar. Üreticinin uçları ters çevrilerek devre gözlenecek olursa elektronların bir öncekinin tersi yönde aktığı görülür.

Not: N tipi yarı iletken içinde çok az sayıda oyuk bulunması, maddenin tam saf olmamasından kaynaklanır. Bunun pratikte fazla bir zararı yoktur.

b- P tipi yarı iletkenlerde artı (+)

yüklü oyukların hareketi

P tipi yarı iletkenlerde oyuklar çoğunluk taşıyıcı durumundayken, çok az sayıda olan elektronlar ise azınlık taşıyıcısı durumundadır.

Şekil 2.21'de verilen bağlantı yapıldıktan sonra P tipi yarı iletkene DC gerilim uygulanırsa, oyuklar gerilim kaynağının eksi (-) ucunun çekme kuvveti ve artı (+) ucunun da itme kuvvetiyle, kaynağın eksi (-) ucuna doğru akar. Üreticinin uçları ters yönlü çevrilerek devre gözlenecek olursa oyukların bir öncekinin tersi yönde aktığı görülür.

Not: P tipi yarı iletken içinde çok az sayıda serbest elektron bulunması, maddenin tam saf olmamasından kaynaklanan bir durumdur. Bunun pratik uygulamalarda zararı yoktur.

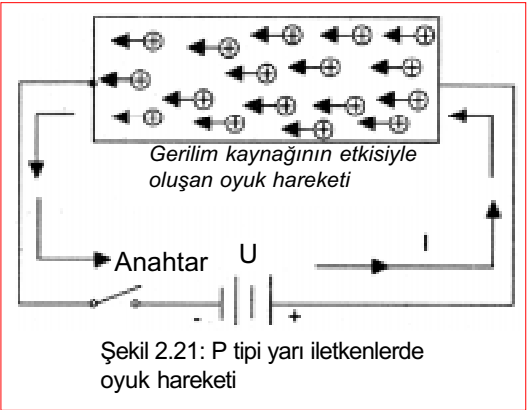
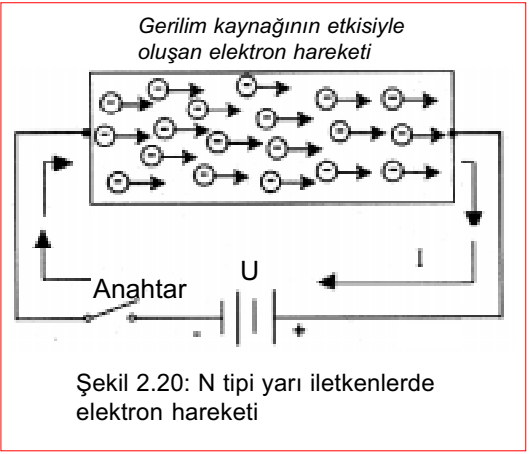
Yukarıda anlatılan iki duruma dikkat edilirse, P ve N tipi yarı iletkenlerin tek başına "her iki yönde de" akım geçişine izin verdiği görülür. Bunun uygulamada hiçbir yararı yoktur. O nedenle P ve N tipi yarı iletkenler tek başına değil, çeşitli şekillerde biraraya getirilerek "devre elemanı" yapımında kullanılır.

İşte, P tipi maddede az sayıda olan elektronlarla, N maddesinde bulunan az sayıdaki oyuklara azınlık akım taşıyıcıları adı verilir.

Yarı iletken üretim teknikleri geliştikçe % 100 saflıkta germanyum ve silisyum elde etmek mümkün hale gelmiştir. Ancak yine de yarı iletken devre elemanları bağlı oldukları devrelerde çalışırken, ısı, ışık, aşırı yük gibi etkenlerle azınlık olan akım taşıyıcılarda artış olmaktadır.

Sorular

- 1- Elektron, proton, nötron nedir? Tanımlayınız.
- 2- N tipi ve P tipi yarı iletkenin oluşumunu şekil çizerek anlatınız
- 3- Kovalent bağ hakkında bilgi veriniz.
- 4- Molekül, iyon, element nedir? Açıklayınız.
- 5- Valans elektron nedir? Açıklayınız.
- 6- N tipi yarı iletken maddede elektron hareketini şekil çizerek açıklayınız.
- 7- Çoğunluk ve azınlık akım taşıyıcıları nedir? Yazınız.



Analog ve Sayısal Sinyaller

Analog sinyal kesintisiz ve sürekli. Doğadaki tüm sinyaller analogtur. Bir amfiden çıkıp hoparlöre giden elektriksel ses sinyali ve hoparlörden çıkıp kulaklarımıza ulaşan akustik ses sinyali analog sinyal formatlarına örnek olarak verilebilir. Her ikisinde sürekli, kesintisizdir ve içlerinde sonsuzluk barındırırlar.

Sayısal(Dijital) sinyal ise sayısallaştırılmış bir sinyal formatıdır. 0 ve 1 dediğimiz işaretlere dönüştürülür. Buradaki “0” yani lojik 0 seviyesi yine bir gerilim aralığındadır. “1” yani lojik 1 seviyeside yine bir gerilim aralığındadır. Genelde 0 için 0V seviyesi; lojik 1 içinde 5V seviyesi alınır. Yani sayısal bir sinyal oluştururken lojik 1 sinyali için 5V, lojik 0 için 0V üretilir.

Doğada tüm işaretler analogtur. Bu işaretleri dijital sistemlerin anlayacağı şekle dönüştürmek için 1-0 lojik değerlerinden oluşan dijital sinyallere dönüştürmek gerekir.

Isı, ışık, ses, nem, manyetik alan, radyasyon oranı, basınç, kuvvet, ivme, gibi analog sinyallerin dijite edilmesi için A/D çeviriciler gerekir.

Analog sinyali dijital, dijital sinyali ise analoga çevirmek için aşağıdaki ünitelerden yararlanılır.

Mikroişlemciler ve mikrodenetleyiciler dijital sistemlerdir. Bunların dış dünya ile haberleşebilmesi için sinyal okumaları ve sinyal göndermeleri gerekir.

Analog sinyalleri dijital sinyallere çeviren dönüştürücüler A/D dönüştürücü olarak adlandırılır.

Dijital sinyalleri Analog sinyallere çeviren dönüştürücülere ise D/A dönüştürücüler olarak adlandırılır.

Çözünürlük

- ADC bit sayısı ADC modülünün çözünürlüğünü ifade eder. Ayrıca ADC’lerde Vref(+) ve Vref(-) girişleride vardır. Analog sinyaller dönüştürülürken bu iki referansa göre dönüştürülür.

Adım Büyüklüğü (1 LSB)

- n bitlik ADC’nin dijital bilgiye dönüştürebildiği en küçük gerilim değeridir.

$$\text{Adım Büyüklüğü} = \frac{V_{\text{ref}(+)} - V_{\text{ref}(-)}}{2^n}$$

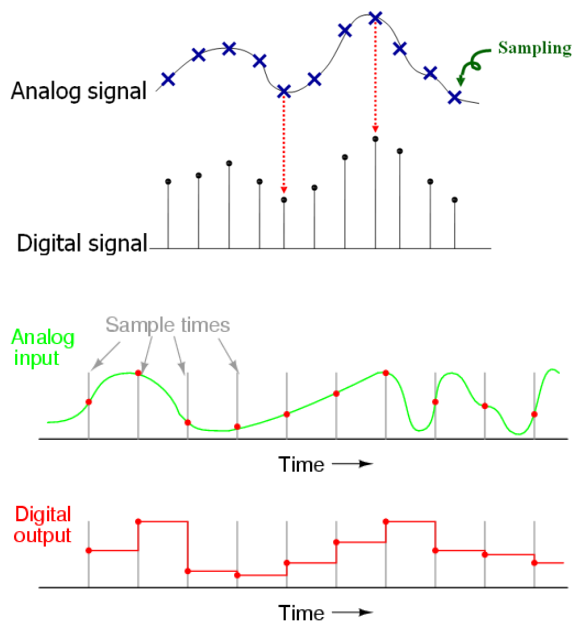
- 10 bitlik ADC nin Vref(+)=5 V , Vref(-)=0 V olduğuna göre ölçme değerlerini tablo halinde gösteriniz.

$$\begin{aligned}
\text{Adım Büyüklüğü} &= \frac{V_{\text{ref}(+)} - V_{\text{ref}(-)}}{2^n} \\
&= \frac{5 - 0}{2^{10}} = \frac{5}{1024} \\
&= 0,0048828125 \text{ V} \\
&= 4,8828125 \text{ mV}
\end{aligned}$$

Analog Giriş Aralığı			Okunan binary değer
0 V	ile	0,0048828125 V	0000000000
0,0048828125 V	ile	0,009765625 V	0000000001
0,009765625 V	ile	0,0146484375 V	0000000010
0,0146484375 V	ile	0,01953125 V	0000000011
0,01953125 V	ile	0,0244140625 V	0000000100
4,9951171875 V	ile	5 V	1111111111

Kuantalama Hatası (Quantization Error)

- Analog sinyalin dijite edilmesi sırasında analog sinyalin gerçek değeri ile dijital sinyalin karşılığı arasındaki farka denir.
- Gelişmiş ADC entegrelerinde kuantalama hatası $\frac{1}{2}$ LSB değeri kadar veya daha küçüktür.



T periyodu ile analog sinyal örneklenir. Burada  z n rl k önemlidir. Örneğin 0-100 V (Vpp) arası bir sinyali 2 bitle örneklemek istersek 0-25V arası 00; 25-50V arası 01; 50-75V arası 10; 75-100V arası 11 olarak kodlanır. Burada 0 ile 25V arası tüm değerler 00 ile kodlandığından  rneğin 5V ile 12 V gibi iki değerin bir farkı yoktur. Burada Kuantalama hatası ortaya çıkar.

Bilgisayar gibi dijital domain de çalışan cihazlara bir analog bilgi aktarmak istediğinizde bu bilgiyi öncelikle dijitale çevirmemiz gerekmektedir. Bu işlem, analog sinyalin zaman içindeki bazı noktalarının örneklenmesi ile gerçekleştirilmektedir. 44.1 Khz (44.100 Hz) frekansı ile örneklenen bir analog sinyal için saniyede 44.100 adet noktasal bilgi alınmaktadır denilebilir. (Analog sinyalde 1 saniye içinde sonsuz nokta olduğunu hatırlayalım)

ANALOG/DİJİTAL ÇEVİRİCİ MODÜLÜ İŞLEMLERİ

- Doğada tüm işaretler analogtur. Bu işaretleri dijital sistemlerin anlayacağı şekle dönüştürmek için 1-0 lojik değerlerinden oluşan dijital sinyallere dönüştürmek gerekir.
- Isı, ışık, ses, nem, manyetik alan, radyasyon oranı, basınç, kuvvet, ivme, gibi analog sinyallerin dijite edilmesi için A/D çeviriciler gerekir.

- Mikroişlemciler ve mikrodenetleyiciler dijital sistemlerdir. Bunların dış dünya ile haberleşebilmesi için sinyal okumaları ve sinyal göndermeleri gerekir.
- Analog sinyalleri dijital sinyallere çeviren dönüştürücüler A/D dönüştürücü olarak adlandırılır.
- Dijital sinyalleri Analog sinyallere çeviren dönüştürücülere ise D/A dönüştürücüler olarak adlandırılır.

- PIC mikrodeneetleyicilerinin bazılarında ADC'ler bulunur. Haricen bir ADC entegresi kullanmaya gerek kalmayabilir.
- Ancak daha gelişmiş bir ADC kullanmak isteniyorsa mikrodeneetleyicinin ADC'si yerine harici ADC kullanmak daha verimli olabilir.

- ADC'ler konusuna başlamadan önce örnekleme konusuna biraz değinelim. Örneğin 2 bitle 4 farklı durum oluşturulur. Örneğin 4 farklı rengi etiketleyebiliriz. Örneğin sarı,beyaz, mavi, kırmızı renkler adreslemek isteyelim.

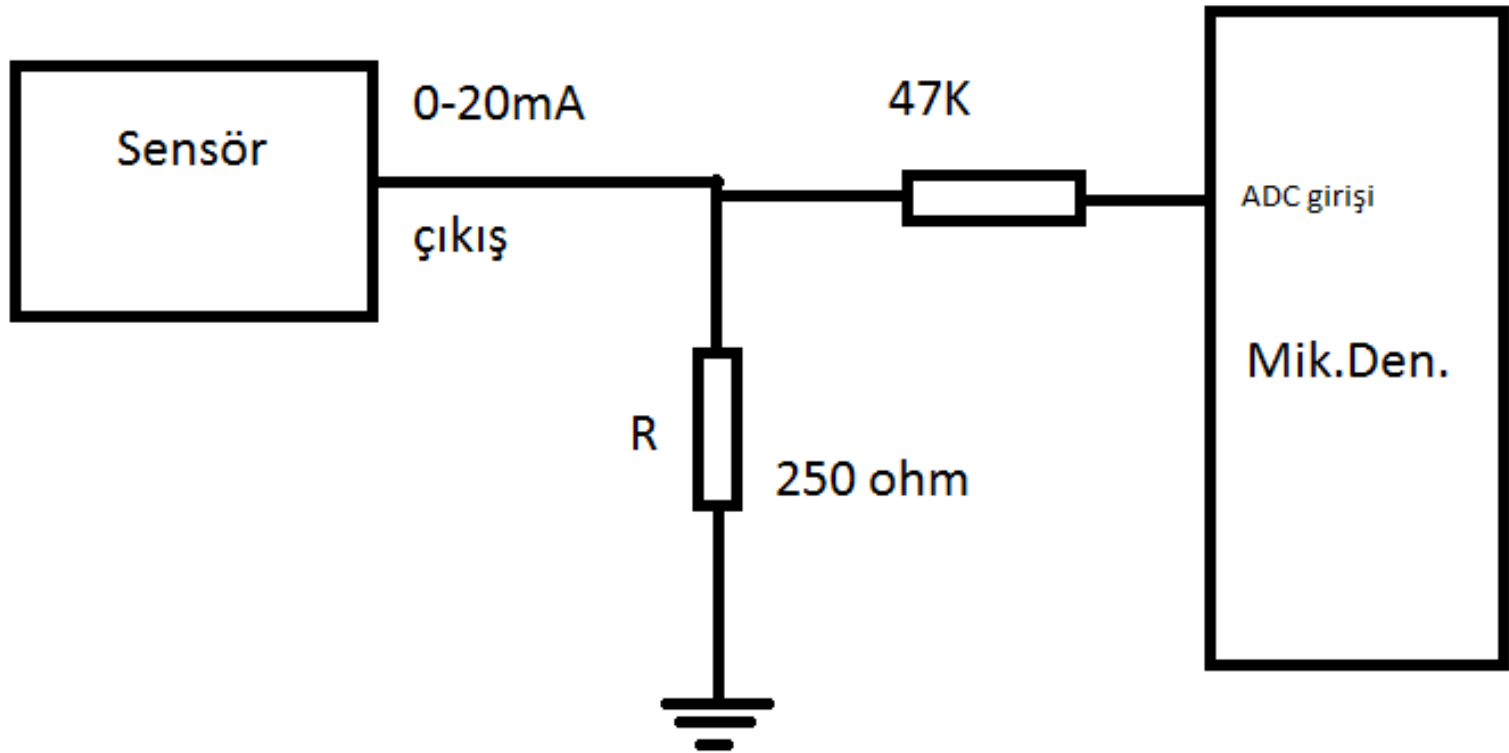
-

X	Y	Renkler
0	0	Sarı
0	1	Beyaz
1	0	Mavi
1	1	Kırmızı

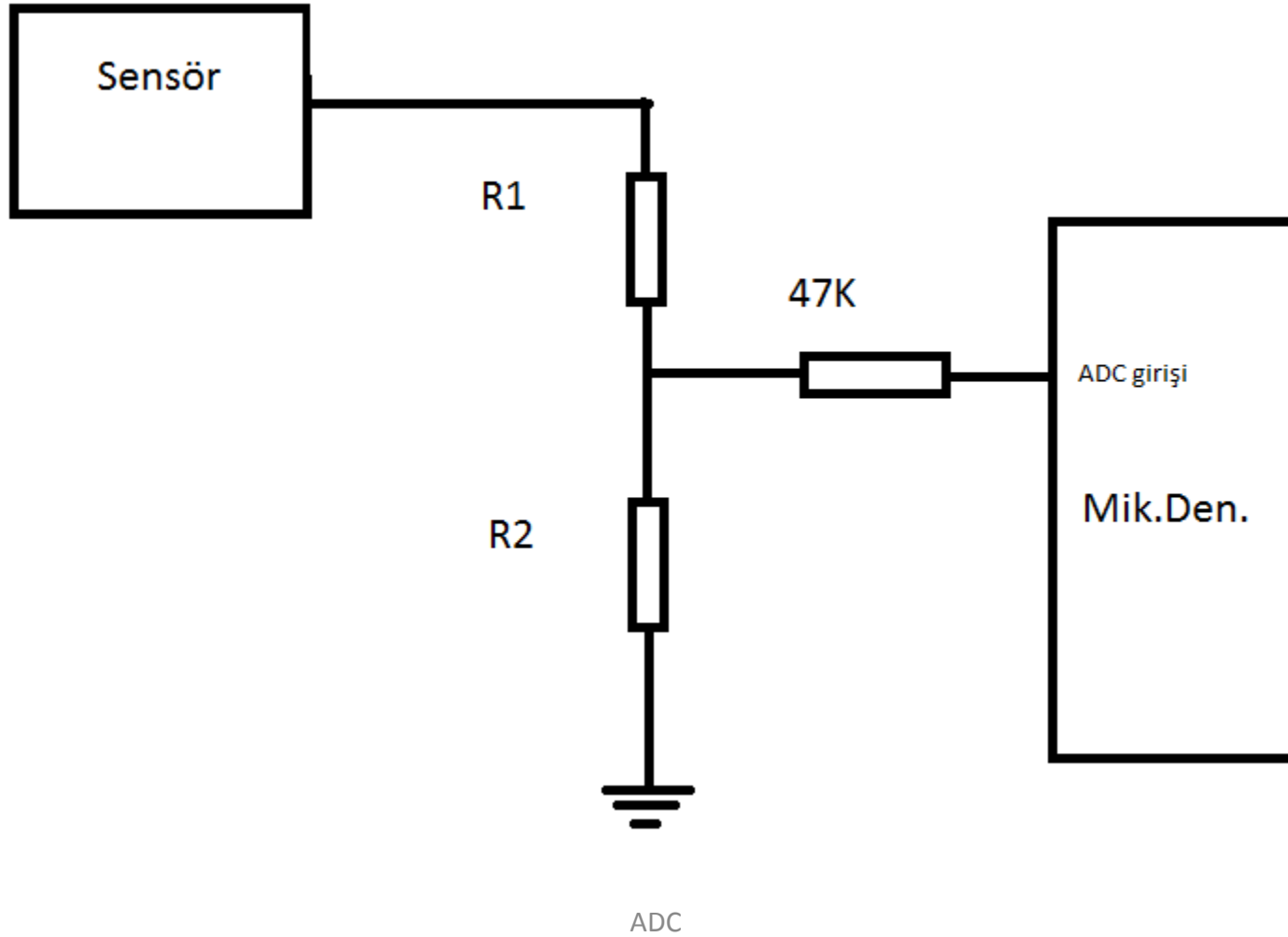
- 2 bitle 4 farklı renk adresledik, ancak 5. bir rengi adresleyemeyiz. Eğer adreslemek istersek örnekleme bit sayısını artırmalıyız.

- Bir sensör çıkışı Voltaj veya Akım türünden olabilir.
- Örneğin bazı mesafe sensörleri ölçtüğü mesafeye göre 0 ile 20 mA arası değer üretir. Biz bu akımı ADC içeren mikrodenetleyici tarafından okunabilmesi için ona uygun bir direnç üzerinden akımı geçirip direnç üzerinde oluşan gerilim değerini ölçeriz.

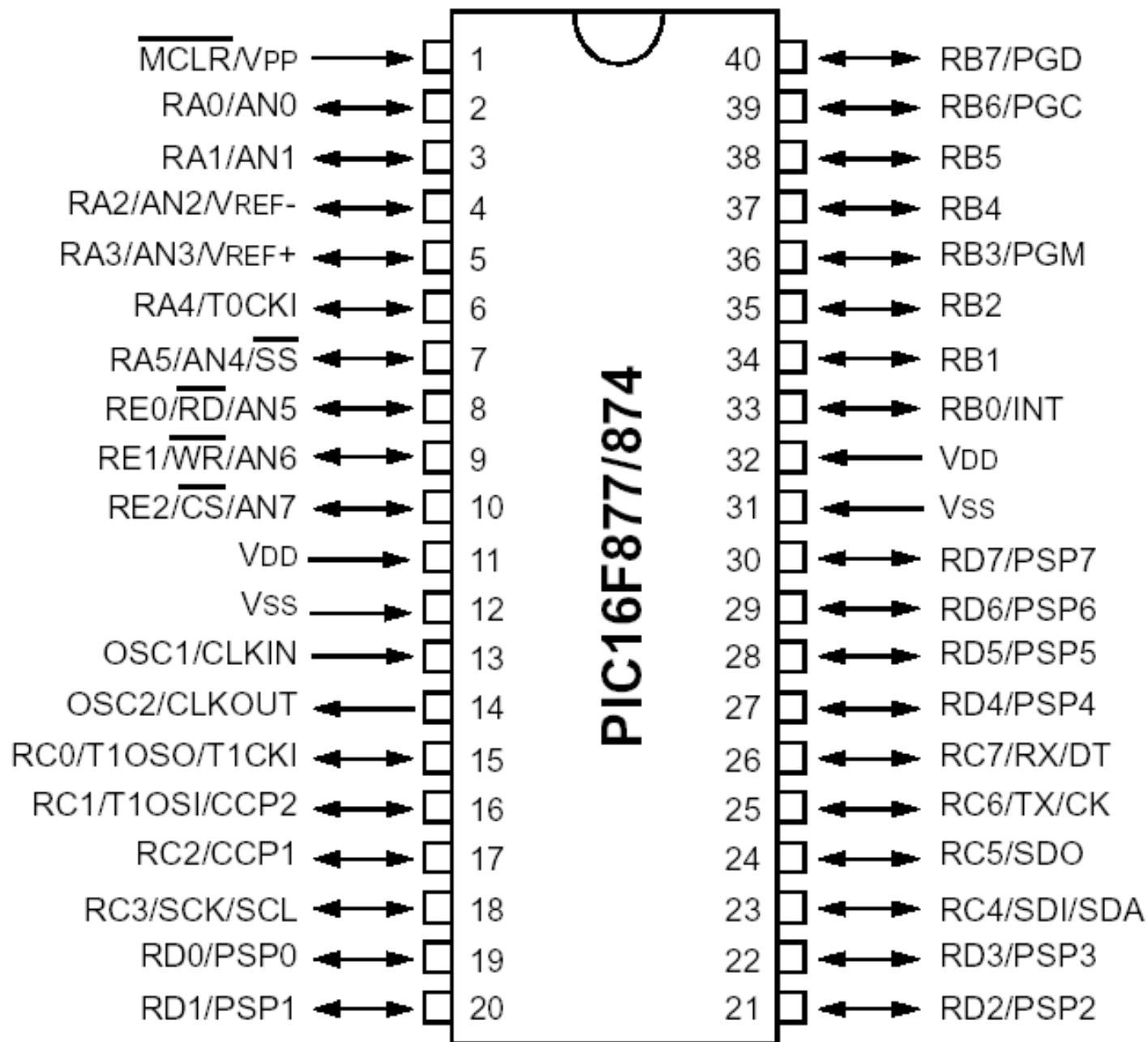
Gelen akımı 250 ohm üzerinden geçirerek 250 ohm üzerine düşen gerilimi okuruz.



- Eğer sensör tarafından üretilen gerilim değeri ölçme aralığının üzerinde ise gerilim bölücü devre kullanılır.



- PIC16F877 mikrodeneetleyicisinin 8 adet ADC ucu bulunur. Bunlar AN0, AN1, AN2,...,AN7 olarak etiketlenmiştir. AN0 ucu aynı zamanda PORTA'nın A0 ucudur. AN7 ucu PORTE'nin E3 ucudur.



- ADC ucu çevirdiği analog siyali bir adrese yazar. Biz programla bu adresteki veriyi okuruz.
- PIC16F877'de çevrim sonucu ADRESH (Adres High Register) ve ADRESL (Adres Low Register) adres satırlarıdır.
- 8 adet ucun hangisinden okuma yapılacağını ise CHS2,CHS1 ve CHS0 bitleri (ADCON0 registeri içirisindeki bitler) ile yaparız.

ADCON0 Registeri

ADCON0

Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
ADCS1	ADCS0	CHS2	CHS1	CHS0	GO/DONE	—	ADON

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-0
ADCS1	ADCS0	CHS2	CHS1	CHS0	GO/DONE	—	ADON
bit 7							bit 0

bit 7-6 **ADCS1:ADCS0:** A/D Conversion Clock Select bits

00 = $F_{osc}/2$

01 = $F_{osc}/8$

10 = $F_{osc}/32$

11 = F_{RC} (clock derived from the internal A/D module RC oscillator)

bit 5-3 **CHS2:CHS0:** Analog Channel Select bits

000 = channel 0, (RA0/AN0)

001 = channel 1, (RA1/AN1)

010 = channel 2, (RA2/AN2)

011 = channel 3, (RA3/AN3)

100 = channel 4, (RA5/AN4)

101 = channel 5, (RE0/AN5)⁽¹⁾

110 = channel 6, (RE1/AN6)⁽¹⁾

111 = channel 7, (RE2/AN7)⁽¹⁾

bit 2 **GO/DONE:** A/D Conversion Status bit

If ADON = 1:

1 = A/D conversion in progress (setting this bit starts the A/D conversion)

0 = A/D conversion not in progress (this bit is automatically cleared by hardware when the A/D conversion is complete)

bit 1 **Unimplemented:** Read as '0'

bit 0 **ADON:** A/D On bit

1 = A/D converter module is operating

0 = A/D converter module is shut-off and consumes no operating current

Çözünürlük

ADC bit sayısı ADC modülünün çözünürlüğünü ifade eder.

PIC16F877 nin 10 bitlik bir ADC modülü vardır.

- Ayrıca ADC'lerde $V_{ref}(+)$ ve $V_{ref}(-)$ girişleride vardır. Analog sinyaller dönüştürülürken bu iki referansa göre dönüştürülür.
- PIC'de bu değerler belirtilmezse otomatik olarak PIC besleme gerilimini $V_{ref}(+)$, toprak $V_{ref}(-)$ olarak alınır.

Adım Büyüklüğü (1 LSb)

- n bitlik ADC'nin dijital bilgiye dönüştürebildiği en küçük gerilim değeridir.

$$\text{Adım Büyüklüğü} = \frac{V_{\text{ref}(+)} - V_{\text{ref}(-)}}{2^n}$$

Örnek

- 10 bitlik ADC nin $V_{ref(+)}=5\text{ V}$, $V_{ref(-)}=0\text{ V}$ olduğuna göre ölçme değerlerini tablo halinde gösteriniz.

Çözüm

$$\begin{aligned}\text{Adım Büyüklüğü} &= \frac{V_{\text{ref}(+)} - V_{\text{ref}(-)}}{2^n} \\ &= \frac{5 - 0}{2^{10}} = \frac{5}{1024} \\ &= 0,0048828125 \text{ V} \\ &= 4,8828125 \text{ mV}\end{aligned}$$

Çözüm devam

Analog Giriş Aralığı			Okunan binarydeğer
0 V	ile	0,0048828125 V	0000000000
0,0048828125 V	ile	0,009765625 V	0000000001
0,009765625 V	ile	0,0146484375 V	0000000010
0,0146484375 V	ile	0,01953125 V	0000000011
0,01953125 V	ile	0,0244140625 V	0000000100
4,9951171875 V	ile	5 V	1111111111

- ADC girişine
gelen voltaj= [okunan değer x 1 LSb] + Vref(-)
- Okunan Değer=
$$\frac{\text{ADC girişine gelen voltaj} - V_{\text{ref}}(-)}{1 \text{ LSb}}$$

(1 LSb= Adım Büyüklüğü)

Örnek

- 10 bitlik ADC nin $V_{ref(+)}=4\text{ V}$, $V_{ref(-)}=1\text{ V}$ olduğuna göre ölçme değerlerini tablo halinde gösteriniz.
- A) 0,5 V' da okunan değer
- B) 2,5 V için okunan değer
- C) 3 V için okunan değer
- D) 4 V için okunan değer
- E) 5 V için okunan değer
- F) 512 degeri için okunan voltaj?

Çözüm

- $1 \text{ LSb} = (4-1)/1024 = 0.0029296 \text{ V}$
- $= 2,9296 \text{ mV}$

Yani 1 V ile 4 V arasını 1024 parçaya bölecek.
1 V'dan başlayarak 2,9296 mV hassasiyetinde
ölçme yapacak.

- A) 0,5 V'a okunan değer= 0
Çünkü Vref(-) değerinin altındadır.

- B) 2,5 V için okunan değer= 512

$$(2,5 - V_{ref(-)}) / 1 \text{ LSB} = 1,5 \text{ V} / 2,9296 \text{ mV} = 1500 \text{ mV} / 2,9296 \text{ mV} = 512, 1 \text{ buradan tam değer alınır.} = 512$$

- C) 3 V için okunan değer= 682

$$(3 - 1) \text{ V} / 2,9296 \text{ mV} = 2000 \text{ mV} / 2,9296 \text{ mV} = 682$$

- D) 4 V için okunan değer= 1023
- E) 5 V için okunan değer= 1023 çünkü $5 \text{ V} \geq V_{ref(+)}$
- F) $= (\text{okunan deger} \times 1 \text{ LSB}) + V_{ref(-)} = (512 \times 2,9296 \text{ mV}) + 1 \text{ V}$
- $= 1500 \text{ mV} + 1000 \text{ mV} = 2,5 \text{ V}$

Soru

- MCP3553 ADC si (22 bitlik ADC'dir) ile yapılacak bir devrede adım büyüklüğünü hesaplayınız. $V_{ref(+)}=10\text{ V}$, $V_{ref(-)}=0\text{ V}$
- Çözüm: $1\text{ LSb} = 10/4194304$
- $=2,384\text{ uV}$

Soru

- 8 bitlik bir ADC ile yapılacak bir devrede adım büyüklüğünü hesaplayınız. $V_{ref}(+)=8V$,
 $V_{ref}(-) = -8 V$
- a) 1 LSB=?
- b) 9 V için üretilen değer
- c) -12 V için üretilen değer
- d) 5 V için üretilen değer

Çözüm

- a) $1 \text{ LSb} = 8 - (-8) / 256$
- $= 16 / 256$
- $= 0.0625 \text{ V}$
- $= 62,5 \text{ mV}$
- B) 8'in üstündeki V'u 8 V gibi okur. Cevap 255 olur. Yani
 $b'11111111'$
- c) 0 yani $b'00000000'$
- d) $5 - (-8) / 62,5 = 13000 \text{ mV} / 62,5 \text{ mV} = 208$
 $= b'11010000'$

Çevrim Süresi (Conversion Time)

- Analog sinyalin dijital sinyale dönüştürülmesi sırasında geçen süre.
- PIC16F877 de en az 10 us ADC çevrimi için beklenilir.

Kuantalama Hatası (Quantization Error)

- Analog sinyalin dijite edilmesi sırasında analog sinyalin gerçek değeri ile dijital sinyalin karşılığı arasındaki farka denir.
- Gelişmiş ADC entegrelerinde kuantalama hatası $\frac{1}{2}$ LSb değeri kadar veya daha küçüktür.

Soru

R1 10 K sabit direnç

Rp 1K'lık pot,

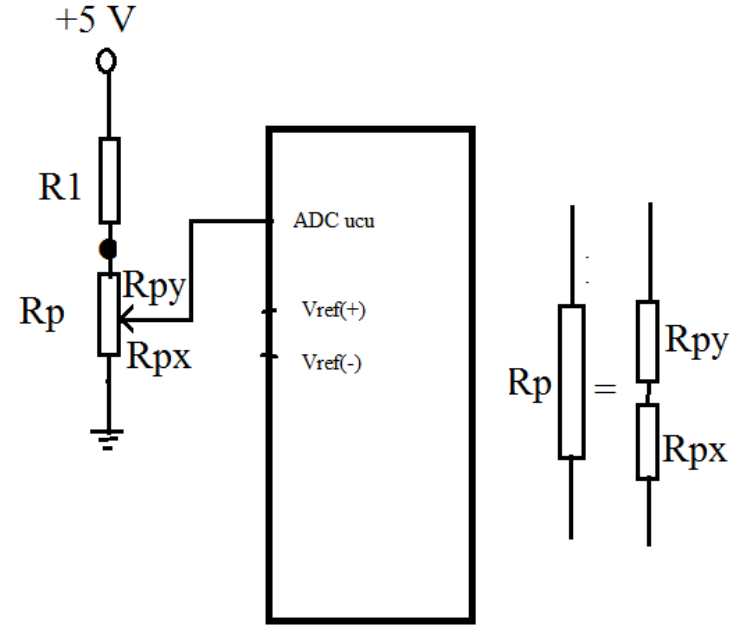
($V_{ref(+)}=5V$ ve $V_{ref(-)}=0V$, ADC 10 bit)

ise;

a) $R_{px}=100\text{ ohm}$ da (Toprak ile aradaki Direnç değeri) ADC'de okunan değer

a) b) $R_{px}=500\text{ ohm}$ da (Toprak ile aradaki Direnç değeri) ADC'de okunan değer

c) Okuyabileceği en büyük değer



- $R_p=100\text{ ohm}$ iken ADC ye gelen gerilim değeri
- $I = V / R_{eş} = 5 / 11\text{ K} = 0.455\text{ mA}$

a) 100 ohm üzerine düşen gerilim $= 0.45 \times 100$

- $= 45,5\text{ mV}$
- $1\text{ LSb} = (5-0) / 1024 = 4.88\text{ mV}$

Okunan Değer $= 45,5 / 4.88 = 9,23$ den 9

b) 500 ohm üzerine düşen gerilim $= 0.45 \times 500$

- $= 225\text{ mV}$
- Okunan Değer $= 225 / 4.88 = 46$

- R_p nin en büyük alabileceği değer 1 K dır.
- 1 K üzerine düşen gerilim
- $V_p = 1/11 \times 5 = 0.4545 \text{ V}$
- Okunan değer = $454.5 \text{ mV} / 4.88 \text{ mV} = 93$

Soru

- ADC 10 bit, $V_{ref(+)}=4$, $V_{ref(-)}=-2$ V ise 0 V 'da okuyacağı değer?
- Cevap= 1 LSb= $6/1024$ mV =5.85 mV
- 0 V için okunan değer= $0 - -2 / \text{LSb}$
- = $2000 / 5.85 = 341,88 = 341$

Bölüm 2

Bellek Birimi

Bellek Birimi

- Bellek Birimi (Memory Unit) mikroişlemcinin çalıştığı programın komutlarını ve programda kullanılan verileri saklamak için kullanılır.

Yrd.Doç.Dr.Serkan KURT

2

Bellekler için Kullanılan Terimler

- Bellek Hücresi
- Bellek Kelimesi
- Bayt
- Kapasite
- Adres
- Okuma İşlemi
- Yazma İşlemi
- Erişim Süresi

Yrd.Doç.Dr.Serkan KURT

3

Bellek Hücresi

- Tek bitlik(0 veya 1) bilgiyi saklamak için kullanılan aygıt veya elektriksel devre.

Yrd.Doç.Dr.Serkan KURT

4

Bellek Kelimesi

- Bilgiyi veya bazı tipteki veriyi gösteren bellek içindeki bit grubudur.
- 4-bit : yarım bayt(nibble)
- 8-bit : 1 bayt
- 16-bit : 2 bayt(1 kelime (word))
- 32-bit : 2 kelime (çift kelime, double word)
- 64-bit : 4 kelime (quad-word)

Yrd.Doç.Dr.Serkan KURT

5

NOT

- Veri hızları bit cinsinden, veri miktarları bayt cinsinden ifade edilir. Örneğin harddiskim 2 GB (Gigabyte), internet hızım 8 Mbit/s

Yrd.Doç.Dr.Serkan KURT

6

Bayt (Byte)

- 8 bit=1 byte

Yrd.Doç.Dr.Serkan KURT

7

Kapasite

- Bellek aygıtının bir parçasında veya bellek sisteminin tümünde ne kadar bitin depolanabileceğini belirtmek için kullanılır.
- 8 bit = 1 byte
- 1024 byte= 1 KB (Kilo Byte)
- 1024 KB= 1 MB(Mega Byte)
- 1024 MB= 1 GB (Giga Byte)
- 1024 GB = 1 TB(Tera Byte)

Yrd.Doç.Dr.Serkan KURT

8

Adres

- Kelimenin bellek içindeki yerini tanımlar. Bellek içinde bulunan her bir kelimenin tek bir adresi vardır.

Yrd.Doç.Dr.Serkan KURT

9

Okuma İşlemi

- Bellek biriminin içindeki belirli bir adresteki veri kelimesinin okuma komutu alındıktan sonra bellek dışına transfer edilmesidir.

Yrd.Doç.Dr.Serkan KURT

10

Yazma İşlemi

- Bellek biriminin dışında bulunan veri kelimesinin yazma komutu alındıktan sonra bellek içindeki belirli bir adresteki veri kelimesine transfer edilmesidir.

Yrd.Doç.Dr.Serkan KURT

11

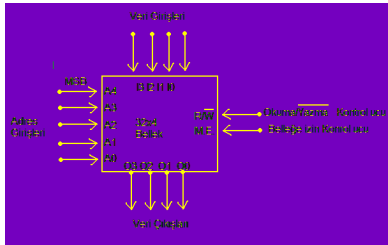
Erişim Süresi

- Bellek hızını belirlemek için kullanılan özel bir terimdir. Bellek biriminden okuma işlemi yapmak için gerek duyulan süredir.

Yrd.Doç.Dr.Serkan KURT

12

Basit bir bellek örneği



Yrd.Doç.Dr.Serkan KURT

13

- 5 Bitle 32 farklı adresleme yapılır
- Her adreste 4 bitlik veri bulunur.
- 32x4 Bellek etiketi
- Yani $32 \times 4 = 128$ bit= 16 byte kapasiteli bellek

Yrd.Doç.Dr.Serkan KURT

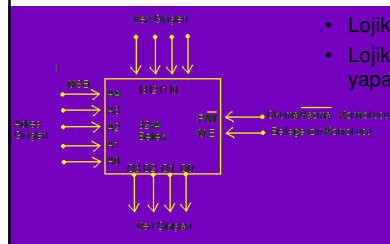
14

[illegible]

Yrd.Doç.Dr.Serkan KURT

15

Soru:Yazma işaretinin üzerindeki çizginin anlamı nedir?

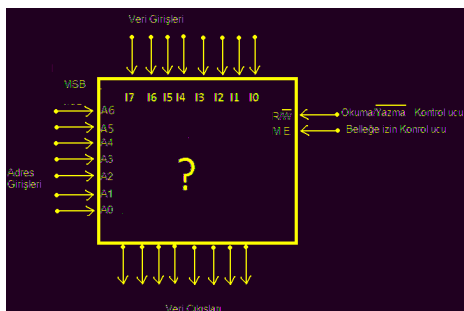


- Lojik 1'de okuma
- Lojik 0'da yazma işlemi yapar

Yrd.Doç.Dr.Serkan KURT

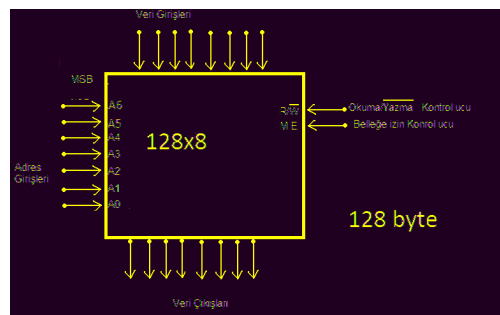
16

Soru:Bellek Etiketi?



Yrd.Doç.Dr.Serkan KURT

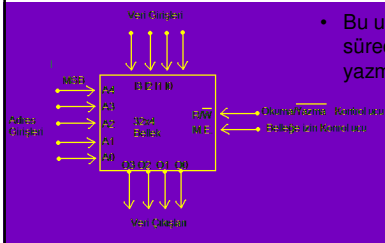
17



Adres girişi 7 bit yani;
 $2^7 = 128$ tane adres satırı.
 Her satır 8 bit yani 1 byte (Veri
 girişi/çıkışına dikkat edin)

18

Soru: Belleğe izin kontrol ucu anlamı nedir?

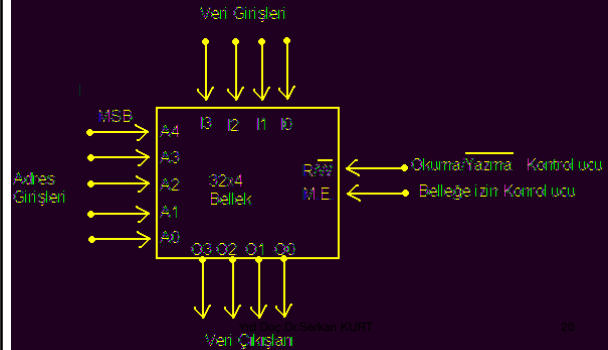


- Bu uç lojik 1'de olmadığı sürede okuma veya yazma işlemi yapılamaz.

Yrd.Doç.Dr.Serkan KURT

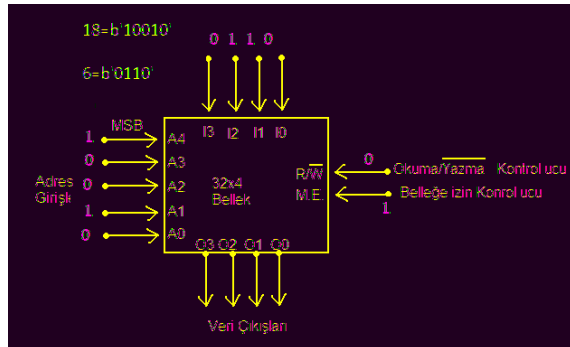
19

Soru: 18 nolu adrese 5 sayısı yüklenecektir. Gerekli giriş çıkışların lojik seviyelerini gösteriniz?



Yrd.Doç.Dr.Serkan KURT

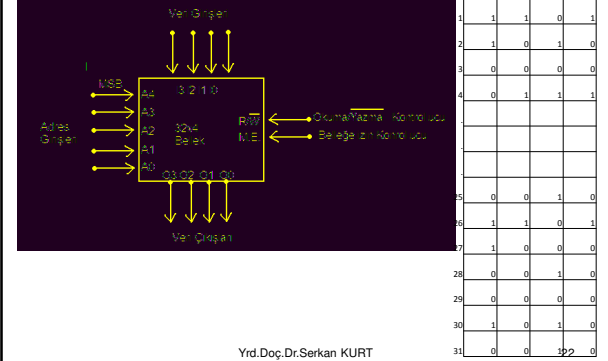
20



Yrd.Doç.Dr.Serkan KURT

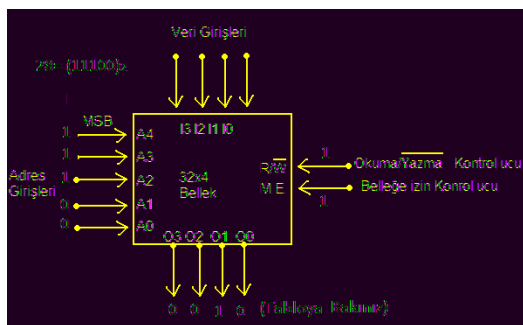
21

SORU: 28 NOLU ADRESTEKİ VERİYİ OKUMAK İÇİN PIN GİRİŞ ÇIKIŞLARINI BELİRTİNİZ?



Yrd.Doç.Dr.Serkan KURT

	O3	O2	O1	O0
0	0	1	0	1
1	1	1	0	1
2	1	0	1	0
3	0	0	0	0
4	0	1	1	1
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15	0	0	1	0
16	1	1	0	1
17	1	0	0	0
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28	0	0	1	0
29	0	0	0	0
30	1	0	1	0
31	0	0	0	0



Yrd.Doç.Dr.Serkan KURT

23

Bellek Örneği

- ATMEEL EEPROM: 256K (32K x 8) Paged Parallel EEPROM AT28C256

- Datasheet inceleyiniz.

Adresleme ve okuma işlemi paralel yapılmaktadır.

Yrd.Doç.Dr.Serkan KURT

24

Bellek Çeşitleri

Bellek Çeşidi	Avantajları	Dezavantajları
Yarıiletken Bellek (Ör:DDR4)	Hızlı erişim Yüksek veri hızı	Pahalı
Floppy disket	Ucuz	Çok Yavaş Sınırlı kapasite Düşük veri hızı
Hard Disk	Yüksek Bellek	Orta Erişim Hız
Teyp	Yüksek Bellek,taşınabilir	Çok düşük erişim hızı
CD-ROM	Ucuz,taşınabilir Yrd.Doç.Dr.Serkan KURT	Yavaş

25

Entegre Devre (IC) Nedir?

Yonga, ip, mikroçip, tümleşik devre gibi birçok ismi ve çeşidi bulunan entegreler, birçok devredeki işlevleri gerçekleştirmek için aranan elemanlar.

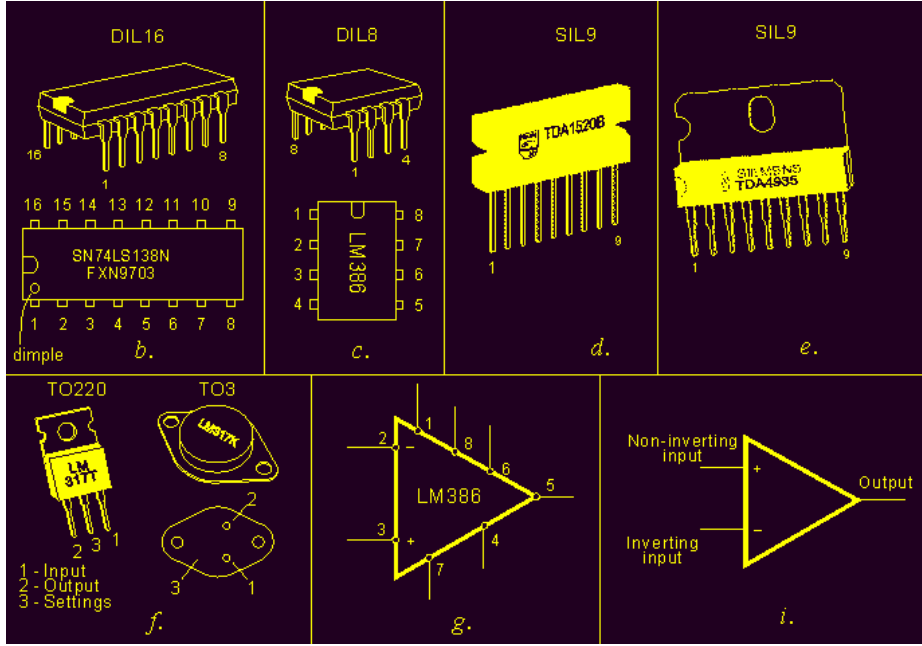


Entegre Nedir ve eşitleri Nelerdir?

Entegre **devre** genel olarak aynı veya farklı çeşit **elektronik** devre elemanlarının (direnç, **diyot**, **transistör** vb.) bir **düzen** içerisinde ve bir **fonksiyon** amacıyla bir araya getirilmeleriyle oluşan bütünleştirilmiş devre yani tümleşik devredir.

Entegreler **3 sınıf** altında incelenir:

- 1) Yapılarında kullanılan eleman çeşidine göre entegreler
- 2) Bünyesindeki **transistör** sayısına göre entegreler
- 3) Teknolojisine göre entegreler



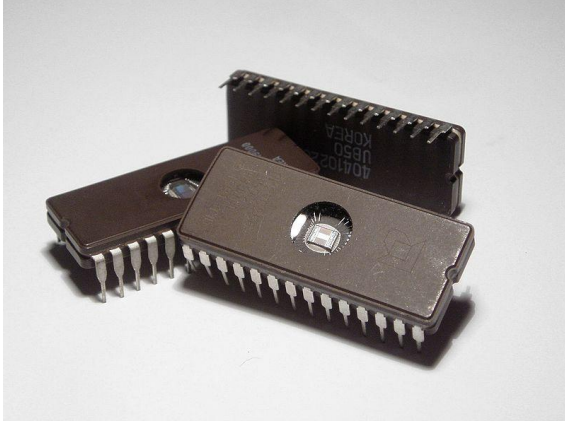
Resim 1: Çeşitli Entegre Tipleri

► İlginizi Çekebilir: Lojik Devreler (Kapılar)

Neredeyse her devrede kullanılan entegrelerin, **gerilim** regülatör bünyesinden **mikroişlemciler**e kadar çok geniş bir kullanım alanı mevcut. Bu kullanım amaçları doğrultusunda ise **2 çeşit** entegre vardır:

- 1) Analog entegre (Analog sinyaller işlenir)
- 2) Dijital entegre (Sayısal İşaretler işlenir)
 - a. TTL entegre (BJT kullanılır)
 - b. CMOS entegre (**MOSFET** kullanılır)

Küçük Ölçekli (SSI), Orta Ölçekli (MSI), Geniş Ölçekli (LSI), Çok Geniş Ölçekli (VLSI), Aşırı Geniş Ölçekli (ULSI) ve Giga Ölçekli (GSI) gibi entegre sınıflandırmaları da mümkün.



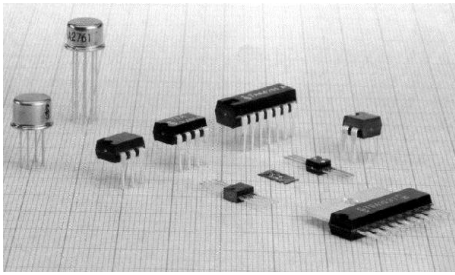
Resim 2: Mikroçip Olarak Kullanılabilen Entegre Çeşitleri

Entegre devreler ile birçok **avantaj** da elde edilebilir. Küçük ve hafif olmaları, karmaşık **devre** yapılarını basitleştirmesi, güvenilir olması ve **düşük maliyete** sahip olması gibi özellikler bu avantajlar arasında sayılabilir.

Tasarım ve Üretim

Entegre üretiminde **CMOS teknoloji**si sık sık kullanılıyor. Transistör başına düşük maliyet ve fazla sayıda entegre üretimine olanak sağlayan bu teknolojinin yanı sıra BJT temelli teknolojiler de kullanılabilir.

Entegrelerin üretimi ise belirli aşamalar ile gerçekleştirilir. Bu aşamalar ise genel olarak **oksitleme, temizleme ve yayma** şeklinde özetlenebilir. Böylece transistör, diyot, **kapasitör**, direnç gibi elemanların yerleşimi tamamlanmış olur.



Çeşitli Entegreler

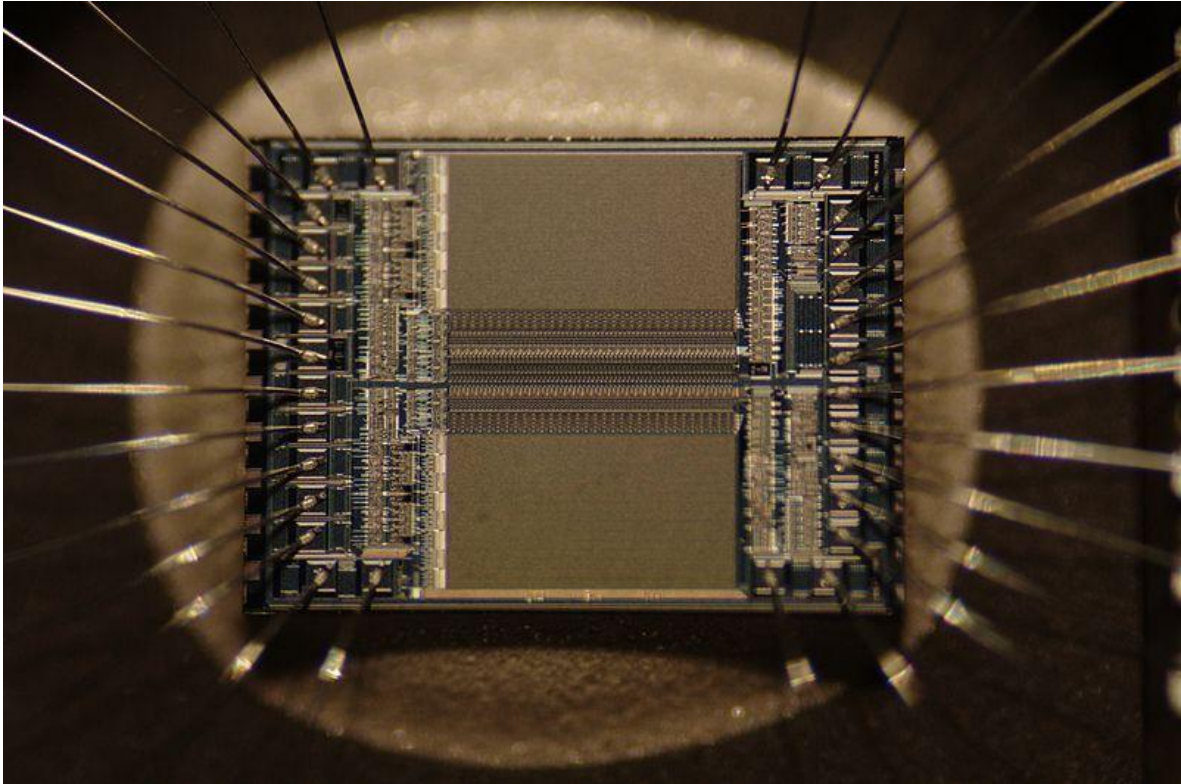
Elemanların bağlantıları ise **alüminyum** ile yapılır ve ayrıca bu aşamada entegrenin dışarısı ile bağlantısı kurulur.

Üretim aşamalarını daha detaylı bir şekilde açıklamak gerekirse:

► **Litografi:** Silikon devre levhası oluşum aşaması olarak da bilinir. Lazer yardımıyla tabakalara entegrenin **baskı devresi** işlenir. Bu sayede maskeleme ve baskılama işlemine hazır bir yüzey elde edilmiş olur.

► **Gravür (Oyma Baskı):** Seçici bir şekilde devre levhasında istenmeyen malzemelerin çıkartılma aşamasıdır.

► **Tortu Giderme:** Fiziksel veya kimyasal yollarla levhanın temizlenmesi işlemidir. Temizlik ve yüzey oluşturma aşamalarının ilkidir.



► **Oksidasyon:** Oksijen veya su kullanılarak silikon levhanın tabakalarının **silikon** dioksit malzemesine dönüştürülmesi işlemidir.

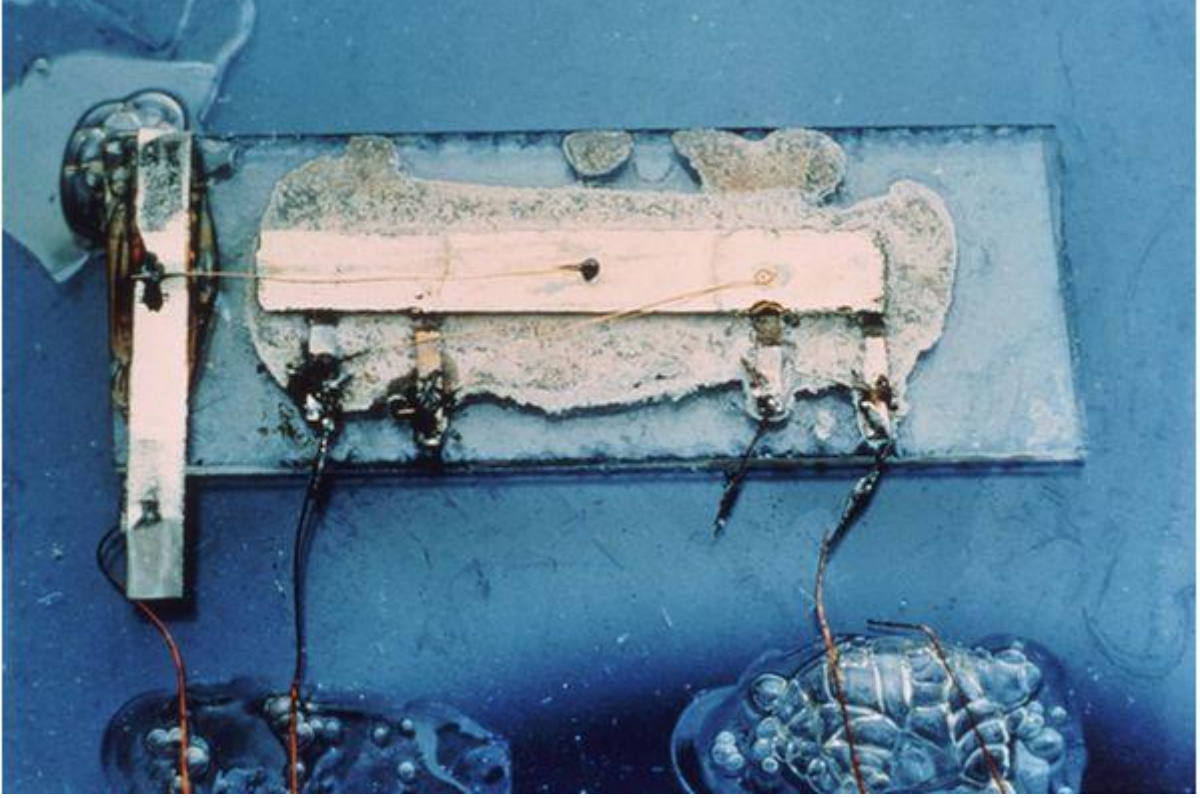
► **İyon Yerleştirme:** Tabakanın son şeklinin verildiği bu aşamada iyonize edilmiş partiküller, elektrik alan yardımıyla tabakaya yerleştirilir.

► **Difüzyon:** İyon bombardımanı sonrası oluşabilecek olan çeşitli istenmeyen partikülleri tabakadan temizle işlemidir.

Tarihçe

1949 yılında Alman mühendis **Werner Jacobi**, entegre yapısına benzer bir yapı ile sinyal yükseltici devre tasarladı. Ancak bu yapı çok aşamalıydı ve 3 masaya sığıyordu.

İlk tümdevre, elektrik mühendisi **Jack Kilby**'ye aittir. **1959** yılında Teksas, Amerika'da icat edilen bu yeni eleman, aynı yıl içerisinde Amerika ve İngiltere'de patent kayıtlarına geçti.



Resim 5: Jack Kilby'e Ait Olan İlk Entegre

Texas Instruments tarafından işe alınan Kilby, 2000 yılında bu icadı için Nobel ödülü aldı. İcadı, 2009 yılında **IEEE** tarafından "dönüm noktası" olarak kaydedildi.

Transistörlerdeki gelişim ve **mikroişlemciler**in ilerlemesi ile birlikte entegreler de çok daha popüler olmaya başladı.